DER ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER HÄNDIGKEIT UND DEN ASYMMETRIEN UND BELASTUNGSVERHÄLTNISSEN DER EXTREMITÄTEN SOWIE DES RÜCKGRATS

(EINE STUDIE ÜBER DIE ATLASASSIMILATION, DIE OKZIPITALMANIFESTATION, GEWISSE RHEUMATISCHE GELENKERKRANKUNGEN UND ANDERES)

VON

BO E. INGELMARK

Veröffentlicht in
Upsala Läkareförenings förhandlingar
Ny följd, Bd XLVIII, 5—6

AUS DEM ANATOMISCHEN INSTITUT DER UNIVERSITÄT UPPSALA
(Chef: Professor Med. Dr. D. E. HOLMDAHL)

DER ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER HÄNDIGKEIT UND DEN ASYMMETRIEN UND BELASTUNGSVERHÄLTNISSEN DER EXTREMITÄTEN SOWIE DES RÜCKGRATS

(EINE STUDIE ÜBER DIE ATLASASSIMILATION, DIE OKZIPITALMANIFESTATION, GEWISSE RHEUMATISCHE GELENKERKRANKUNGEN UND ANDERES)

VON

BO E. INGELMARK
MED. LIC., UPL

INAUGURALDISSERTATION

WELCHE MIT GENEHMIGUNG DER WEITERFAHRENEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT ZU UPPSALA ZUR ERLANGUNG DER MEDIZINISCHEN DOKTORSWÜRDE IM HÖRSAAL DES ANATOMISCHEN INSTITUTS AM 14. MAI 1943 UM 10 UHR ÖFFENTLICH VERTEIDIGT WIRD.

Uppsala 1943. Almqvist & Wiksells Boktryckeri Aktiebolag

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Aus dem Anatomischen Institut der Universität Uppsala
(Chef: Professor Med. Dr. D. E. Holmdahl).

Der Zusammenhang zwischen der Händigkeit und den Asymmetrien und Belastungsverhältnissen der Extremitäten sowie des Rückgrats.

(Eine Studie über die Atlasassimilation, die Okzipitalmanifestation, gewisse rheumatische Gelenkerkrankungen und anderes.)

Von

Bo E. Ingelmark.

Inhaltsverzeichnis

Seite

Vorwort 228
Kap. I. Einleitung. Fragestellungen 229
» II. Statistische Methoden 231
» III. Die Händigkeit und Beinigkeit beim Menschen 235
» IV. Der Zusammenhang zwischen der Händigkeit und den physiologischen Extremitätenasymmetrien 248
» V. Der Zusammenhang zwischen der Händigkeit und den funktionellen Verhältnissen der Extremitäten 260
» VI. Die Bedeutung der Händigkeit für die Statik des Rückgrats und der Schädelbasis 289
» VII. Atlasassimilation und pathologische Verwachsung im oberen Nackengelenk 324
» VIII. Okzipitalmanifestation 350
» IX. Zusammenfassung 369
Nachwort. Neue Arbeitsaufgaben 373
Summary 374
Literaturverzeichnis 381

Vorwort.

Die vorliegende Arbeit wurde bereits im Herbst 1935 mit einer kleineren Studie über die genuine Atlasassimilation beim Menschen begonnen. Diese wurde niemals veröffentlicht, weil mein Chef, Herr Prof. Med. Dr. David Edv. Holmdahl, mir riet, meine Untersuchungen zu erweitern.

Herr Prof. Holmdahl hat den Gang meiner Arbeit mit nie ermüdendem Interesse verfolgt. Durch gute Ratschläge, wertvolle Kritik und ständiges Entgegenkommen, wenn es sich um die Benutzung des Materials und der übrigen Hilfsmittel des Anatomischen Instituts in Uppsala und des Bades Sätra Brunn handelte, hat er meine Forschungen in jeder Weise gefördert. Für alles dies sowie für sein grosses Wohlwollen und Vertrauen während der Jahre, in denen ich am Anatomischen Institut tätig war, spreche ich ihm meinen ehrerbietigen und herzlichen Dank aus.

Bei der statistischen Bearbeitung des Untersuchungsmaterials hatte ich den Vorzug, Herrn Prof. Med. Dr. Gunnar Dahlbergs grosse Sachkenntnis in Anspruch nehmen zu dürfen, wofür ich ihm meinen wärmsten Dank sage.

Herr Prof. Dr. Med. M. W. Woerdeman hatte die grosse Freundlichkeit, mir die ausserordentlich wertvollen Sammlungen des Anatomischen Instituts in Amsterdam zugänglich zu machen. Auf diese Weise konnte ich ein selten umfangreiches Material bearbeiten. Dies war von entscheidender Bedeutung für die Ergebnisse meiner Arbeit. Für dieses Entgegenkommen spreche ich ihm meinen ergebensten Dank aus.

In grosser Dankesschuld stehe ich auch zu meinen früheren Lehrern Herrn Prof. Med. Dr. Gustaf Bergmark, Herrn Prof. Med. Dr. Ivar Thorling und Herrn Prof. Med. Dr. John Naeslund, welche mir Material ihrer Kliniken zur Verfügung stellten.

Herr Prof. Med. Dr. Adolf Lichtenstein, Herr Prof. Med. Dr. Sture Siwe, Herr Prof. Med. Dr. Arvid Wallgren, Herr Dozent Med. Dr. Gunnar Edström, Herr Dozent Med. Dr. Henning Magnusson, Frl. Med. Dr. Margareta Muhl sowie Herr Med. Dr. Yngve Åkerrén gestatteten mir freundlichst die Einsicht der Krankengeschichten ihrer Anstalten. Für diese wertvolle Hilfe danke ich ihnen bestens.

Grossen Dank schulde ich ferner meinen Freunden Herrn Med. Dr. Olof Ask und Herrn Med. kand. Josef Sääf, welche mich im Verlauf meiner Untersuchungen durch Rat und Kritik unterstützt haben.

Frl. Gertrud Czeslick, Frau Karin Lodin, Frau Agneta Cedergren, Frl. Ulla Bjure, Herrn stud. med. Yngve Barkman sowie

Herrn JOHN GERDES danke ich verbindlichst für wertvolle technische Hilfe.

Weiter danke ich allen Krankenschwestern, Heilgymnastikern und Patienten, welche bereitwillig ihre Kraft bei Sammlung meines Untersuchungsmaterials zur Verfügung stellten.

In all den Jahren, während deren ich meine Forschungen betrieben habe, hat mir meine Frau unschätzbare Hilfe geleistet. Für diese treue Mitwirkung möchte ich ihr auch an dieser Stelle von Herzen danken.

Finanzielle Unterstützung erhielt ich von dem Regnellschen Donationsfonds der Medizinischen Fakultät zu Uppsala, von Konung Gustaf V:s 80-årsfond sowie durch ein Rönnowsches Reisestipendium. Für diese wertvollen Beihilfen spreche ich meinen ergebensten Dank aus.

Endlich danke ich Herrn Dr. KONRAD FLEX für die sorgfältige Übertragung ins Deutsche.

Uppsala im März 1943.

BO E. INGELMARK.

KAP. I.

Einleitung.

Bereits Ende des 18. Jahrhunderts sind die ersten Untersuchungen über die Asymmetrien der Extremitäten, der Wirbelsäule und des Schädels vorgenommen worden. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts und in diesem Jahrhundert hat die anatomische, physiologische und klinische Literatur über diese Erscheinungen einen ungeheuer grossen Umfang angenommen.

Man hat festgestellt, dass der Bewegungsapparat des Menschen bestimmte Asymmetrien aufweist. Die Ätiologie und der innere Kausalzusammenhang derselben sind indes noch grossenteils unbekannt. Dies dürfte zum Teil darauf beruhen, dass die Forschung von Anatomen, Physiologen und Klinikern ziemlich isoliert betrieben worden ist.

Ich habe mir die Aufgabe gestellt, in dieser Arbeit einen Beitrag zu liefern zur Kenntnis:

1) der Ätiologie der Asymmetrien der Bewegungsorgane,

2) des Kausalzusammenhanges zwischen den verschiedenen Asymmetrien der Bewegungsorgane,

3) der Bedeutung der funktionellen und morphologischen Extremitätenasymmetrien für die Statik des Körpers.

Aus der bisherigen Literatur geht hervor, dass sich diese Probleme wahrscheinlich nicht durch ausschliesslich klinische oder lediglich morphologische Forschung lösen lassen. Deshalb habe ich eine Reihe ver-

schiedener Teiluntersuchungen ausgeführt, deren Resultate teilweise neues Licht auf die berührten Fragen werfen dürften, welche sehr kompliziert zu sein scheinen. Diese Arbeit erhebt keinen Anspruch, die aufgeworfenen Fragen endgültig zu behandeln. Durch Zusammenstellung von Angaben in der einschlägigen Literatur sowie durch Anwendung neuer Untersuchungsmethoden hoffe ich jedoch die Probleme ihrer Lösung näher gebracht zu haben. Viel bleibt indes noch zu erforschen. Deshalb beschäftige ich mich seit über einem Jahre mit weiteren experimentellen Untersuchungen, die meine nachstehend dargelegten Auffassungen zu stützen scheinen (siehe S. 373).

Soweit wie möglich habe ich versucht, mir so grosses Untersuchungsmaterial zu verschaffen, dass die Resultate statistisch sichergestellt werden könnten. Dank gewissen äusseren Umständen ist dies auch in ziemlich grossem Umfang gelungen. Da es von grösster Bedeutung ist, dass man die Untersuchungsresultate mit aller Vorsicht deutet, hielt ich mich nur für berechtigt, eine kleinere Anzahl sicherer Schlüsse zu ziehen. Die Richtigkeit der übrigen halte ich nicht für endgültig bewiesen, sondern nur für wahrscheinlich gemacht. Diese Wahrscheinlichkeit suchte ich dadurch zu erhöhen, dass ich die Probleme in einigen Fällen auf mehreren, ganz verschiedenen Wegen angriff.

Diese Bestrebungen führten mich auf ausserordentlich grosse und schwer zu bearbeitende Forschungsgebiete, über welche sämtlich eine äusserst umfangreiche Literatur vorliegt. Daher war es schwierig, einen klaren und vollständigen Überblick über dieselben zu gewinnen und über frühere Untersuchungen nebst ihren Ergebnissen übersichtlich und zugleich kurz zu berichten. Um dies möglichst zu erreichen, habe ich versucht, selbständige, objektive Darstellungen der meisten früheren Auffassungen zu geben. Nach diesen führe ich die Namen der Forscher an, welche die betreffenden Ansichten ausgesprochen haben. Bloss in Ausnahmefällen erschien es mir angebracht, die Einstellung einzelner Forscher zu bestimmten Problemen genauer wiederzugeben.

Aus praktischen Gründen konnte die Literatur nicht vollständig bearbeitet werden. Ich habe versucht, alle Arbeiten aus diesem Jahrhundert, welche meine Fragestellungen oder damit verwandte Probleme zu behandeln schienen, sowie ältere Veröffentlichungen von grundsätzlichem Wert im einzelnen zu prüfen. Die Arbeiten, die mir nicht im Original zugänglich waren, habe ich in Referaten studiert. Mein Literaturverzeichnis enthält nur die Veröffentlichungen, welche ich im Text zitiert habe.

Der Bericht über meine verschiedenen Untersuchungen wurde so gestaltet, dass ihre Resultate möglichst eine Serie bilden sollten, aus der sich logisch zusammenhängende oder nebengeordnete Schlüsse ziehen liessen. Diese Reihenfolge stimmt nicht mit der überein, in welcher ich die Untersuchungen ausgeführt habe. Den ersten Anstoss zu diesen Studien gab mir ein Fall von genuiner Atlasassimilation, welcher

im Jahre 1935 im Sektionsmaterial des Anatomischen Instituts zu Uppsala angetroffen wurde. Dieses Präparat wurde mir von Herrn Prof. D. E. Holmdahl freundlichst zu näherer Untersuchung überlassen. Durch Literaturstudium und Bearbeitung anderer Materialsammlungen wurde mein Interesse für die obengenannten Fragestellungen geweckt.

Meine Arbeit umfasst weit getrennte Teiluntersuchungen. Deshalb glaubte ich, dass die Darstellung zu unübersichtlich für den werden würde, welcher mit der Literatur über die Asymmetrien des menschlichen Körpers, die Ätiologie der rheumatischen Gelenkkrankheiten, die genuine Atlasassimilation, die Okzipitalmanifestation usw. nicht speziell vertraut ist, wenn ich nur einen einzigen zusammenfassenden Bericht über die gesamte Literaturbearbeitung sowie über alle Materialgruppen und Untersuchungsmethoden gäbe. Diese Gegenstände wurden deshalb in jedem Kapitel für sich behandelt. Eine Ausnahme hiervon bilden die statistischen Methoden, die ich in Kap. II beschrieben habe.

Kap. III und IV enthalten zum grossen Teil Zusammenfassungen der Literatur über Händigkeit und Beinigkeit sowie über die morphologischen Extremitätenasymmetrien und bloss in geringerem Umfang eigene Untersuchungen. Diese Übersichten erschienen mir wünschenswert, denn nur durch sie erhält der Leser, der sich früher nicht speziell mit diesen Problemen befasst hat, die Möglichkeit, die folgende Darstellung und ihren Wert zu verstehen und kritisch zu beurteilen.

Die Untersuchungsresultate und die Schlüsse, die ich aus ihnen ziehen zu dürfen glaube, sind der Übersichtlichkeit halber am Ende jedes Kapitels kurz zusammengefasst. In Kap. IX habe ich versucht, eine logische Zusammenstellung der wichtigsten Schlussfolgerungen der Arbeit zu geben. Dieses Verfahren dürfte es erleichtern, sich ein Urteil darüber zu bilden, inwieweit diese Arbeit einen Beitrag zur Kenntnis der Ätiologie der Asymmetrien der Bewegungsorgane, ihres inneren Kausalzusammenhanges sowie der Bedeutung der physiologischen Extremitätenasymmetrien für die Statik des Körpers zu liefern vermag.

Kap. II.

Statistische Methoden.

Bei der statistischen Behandlung des Materials wurden die gewöhnlichen Formeln benutzt.

Die *Dispersion*, σ, wurde nach der Formel berechnet:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma a^2}{n-1}}$$

In dieser bezeichnet a die Abweichung des Wertes vom Mittelwert M und n die Anzahl Beobachtungen. In den Fällen, wo die Zahl der Beobachtungen > 50 betrug, wurde n—1 mit n vertauscht.

Der mittlere Fehler des Mittelwerts, $\varepsilon(M)$, wurde berechnet nach der Formel:

$$\varepsilon(M) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

wo σ die Dispersion der Serie und n die Anzahl Beobachtungen bezeichnet.

Der mittlere Fehler der Differenz, $\varepsilon(D)$, wurde berechnet nach der Formel:

$$\varepsilon(D) = \sqrt{\varepsilon^2(M_1) + \varepsilon^2(M_2)}$$

$\varepsilon(M_1)$ und $\varepsilon(M_2)$ sind die mittleren Fehler der Mittelwerte der beiden Serien, deren Differenz bestimmt wurde.

Den mittleren Fehler einer prozentualen Frequenz, p, bestimmte ich aus der Formel:

$$\varepsilon(p) = \sqrt{\frac{p\,(100 - p)}{n - 1}}$$

wo n die Anzahl Beobachtungen bezeichnet. Wenn diese Anzahl > 50 betrug, wurde n—1 mit n vertauscht. Der mittlere Fehler der Differenz zwischen zwei mit mittleren Fehlern behafteten Prozentzahlen wurde ebenso berechnet, wie es oben für die Differenz zweier Mittelwerte beschrieben ist.

Durch Anwendung statistischer Methoden habe ich versucht, mir ein Urteil über die asymmetrische Verteilung gewisser Eigenschaften auf die rechte und linke Seite zu bilden. Um ein ganz richtiges Bild einer solchen Asymmetrie zu erhalten, muss man nicht bloss die Fälle berücksichtigen, welche die betreffende Eigenschaft aufweisen (die positiven Fälle), sondern auch die, bei denen sie fehlt (die negativen Fälle).

Man wünscht mit andern Worten die Wahrscheinlichkeit zu ermitteln, dass die betreffende Eigenschaft auf der rechten bzw. linken Seite auftritt. Mit Hilfe dieser Wahrscheinlichkeiten kann man berechnen, wie oft die Eigenschaft doppelseitig und einseitig auf der rechten bzw. linken Seite vorkommt. Dies kann nur unter der Voraussetzung geschehen, dass keine Korrelation zwischen den beiden Seiten besteht. Man hat indes einen Zusammenhang von solcher Art zu erwarten, dass es, wenn die Eigenschaft auf der rechten Seite vorliegt, verhältnismässig wahrscheinlich ist, dass sie auch auf der linken Seite vorhanden ist.

Man bekommt also eine Überrepräsentation der doppelseitigen Fälle. Die Grösse derselben lässt sich bloss bestimmen, wenn man die Anzahl negativer Fälle kennt, welche den positiven entsprechen. Dabei verfährt man folgendermassen: Wenn n die Anzahl der untersuchten Fälle, r die der rechtsseitigen, l die der linksseitigen und d die der symmetrischen Fälle sowie p_r und p_l die Wahrscheinlichkeit für das Vorkommen der Eigenschaft auf der rechten bzw. linken Seite bezeichnet, so ist

$$p_r = \frac{r + d}{n} \text{ und } p_l = \frac{l + d}{n}$$

Die theoretische Anzahl doppelseitiger Fälle ist dann $= p_r \cdot p_l \cdot n$. Das Verhältnis zwischen dieser Anzahl und dem empirisch gefundenen Wert d gibt eine Vorstellung von der Grösse der erwähnten Überrepräsentation.

Man kann nicht entscheiden, wie gross diese Überrepräsentation ist, wenn man keine empirischen Ziffern darüber besitzt, wie viele negative Fälle den positiven entsprechen. Eine völlig korrekte Analyse des Sachverhalts ist unter solchen Umständen nicht möglich. Man kann Berechnungen über die Wahrscheinlichkeit anstellen, dass die Eigenschaft auf der rechten bzw. linken Seite vorliegt, wenn man annimmt, dass die Korrelation klein oder gar nicht vorhanden ist. Es lässt sich indes unmöglich beurteilen, in welchem Umfang eine solche Annahme berechtigt ist. Trotzdem schien es mir von Interesse, eine solche Analyse vorzunehmen. Dabei verfuhr ich folgendermassen: (Die Bezeichnungen sind dieselben wie bei der soeben beschriebenen Berechnungsmethode.) Anzahl rechtsseitiger Fälle $= p_r \cdot n$, Anzahl doppelseitiger Fälle $= p_r \cdot p_l \cdot n$.

$$\frac{p_r \cdot p_l \cdot n}{p_r \cdot n} = p_l$$

p_l ist also — das Verhältnis zwischen der Anzahl doppelseitiger und rechtsseitiger Fälle.

Die Ziffern, die man erhält, ermöglichen somit kein sicheres Urteil über die Wahrscheinlichkeit, dass eine Eigenschaft auf der rechten bzw. linken Seite vorliegt. Das Verhältnis zwischen den Wahrscheinlichkeiten dürfte jedoch von der Korrelation nicht in der Art beeinflusst werden, dass man, wenn die Wahrscheinlichkeiten gleich gross sind, bei Berechnung in der angegebenen Weise unabhängig von der Grösse der Korrelation auch gleich grosse Wahrscheinlichkeiten erhalten muss. Die Abweichungen sind also ein Beweis dafür, dass ein Unterschied zwischen der rechten und linken Seite besteht.

Eine approximative Berechnung kann ferner, nach wie vor unter Absehen von den doppelseitigen Fällen und der sie bedingenden Korre-

lation, stattfinden, indem man ausschliesslich die einseitigen Fälle vergleicht. Auch bei einem solchen Vergleich hat man keinen Unterschied zwischen der rechten und linken Seite zu erwarten, wenn ein solcher nicht real ist.

Theoretisch sind die Wahrscheinlichkeiten, die man für die rechte bzw. linke Seite erhält, abhängig von der Frequenz der Eigenschaft. Ist diese gering, so bekommt man wenige doppelseitige Fälle. Die Frequenz der rechtsseitigen bzw. linksseitigen Fälle ist dann ein korrekter Ausdruck für das Verhältnis der Wahrscheinlichkeiten zueinander. Ist dagegen die Frequenz der Eigenschaft sehr gross, so verschieben sich die Ziffern. Die doppelseitigen Fälle werden sehr häufig, und die Korrelation spielt eine grössere Rolle. Hat die Eigenschaft eine sehr hohe Frequenz, so dominieren die doppelseitigen Fälle, und die einseitigen geben wenig Aufschluss. In den extremen Fällen liegt die Eigenschaft in 100 % doppelseitig vor. In meinen Materialgruppen liegen die Ziffern zwischen diesen Extremen, weshalb eine vollständige Orientierung nicht möglich ist.

Wenn nur positive Fälle zur Verfügung stehen, kann die Bestimmung nach zwei verschiedenen Methoden erfolgen:

1. Man berücksichtigt sowohl die asymmetrischen als die symmetrischen Fälle. Dabei verfährt man folgendermassen: In einer Sammlung positiver Fälle zeigen a Stück die betreffende Eigenschaft auf der rechten Seite, b Stück auf der linken und c Stück bilateral. Die Eigenschaft liegt also rechtsseitig in $a + c$ Fällen und linksseitig in $b + c$ Fällen vor. Man berechnet die prozentuale Verteilung auf die beiden so erhaltenen Gruppen. Der mittlere Fehler für 50 % wird berechnet nach der Formel:

$$\varepsilon\,(p) = \sqrt{\frac{p\,(100 - p)}{n - 1}}$$

wo $n = a + b + 2\,c$ ist. Wenn die Differenz zwischen der prozentualen Frequenz und 50 > 3-mal grösser ist als der erhaltene mittlere Fehler, wird die Asymmetrie als statistisch gesichert angesehen.

2. Man berücksichtigt bloss die asymmetrischen Fälle. Die prozentuale Verteilung auf die rechtsseitigen und linksseitigen Fälle wird bestimmt. Der mittlere Fehler für 50 % wird nach der gewöhnlichen Formel berechnet, wobei n = die Anzahl asymmetrischer Fälle ist. Die Asymmetrie wird als sichergestellt betrachtet, wenn die Differenz zwischen der prozentualen Frequenz und 50 > 3-mal grösser ist als der mittlere Fehler für 50 %.

Wenn die erste Methode für Berechnung der Asymmetrien in Serien mit demselben Verhältnis zwischen den prozentualen Frequenzen der rechts- und der linksseitigen Fälle angewandt wird, so ist, um die Asymmetrie statistisch sicherzustellen, ein um so grösseres Material erforderlich, je häufiger die symmetrischen Fälle sind. Bei Anwendung der

zweiten Methode dagegen hat die Frequenz der symmetrischen Fälle keine Bedeutung für die Sicherstellung der Asymmetrie. Das letztgenannte Verfahren muss deshalb als noch ungenauer angesehen werden als das erste. Deshalb habe ich in dieser Arbeit durchgehend die erstgenannte Methode benutzt.

Kap. III.

Die Händigkeit und Beinigkeit beim Menschen.

Fragestellungen. Literaturübersicht.

Die Händigkeit.

Verschiedene Formen und Grade von Rechts- bzw. Linkshändigkeit.

Unter Rechtshändigkeit versteht man eine angeborene Disposition, feinere koordinierte Bewegungen leichter, rascher und besser mit dem rechten Arm auszuführen. Diese Disposition hat zur Folge, dass ein Rechtshändiger gewöhnlich den rechten Arm mehr gebraucht als den linken. Bei allen Tätigkeiten, die ein Zusammenwirken beider Arme erfordern, übernimmt der rechte Arm die schwerere Arbeit. Entsprechendes gilt für den linken Arm bei Linksern. [Teilweise nach Stier (1911) und Ludwig (1932).]

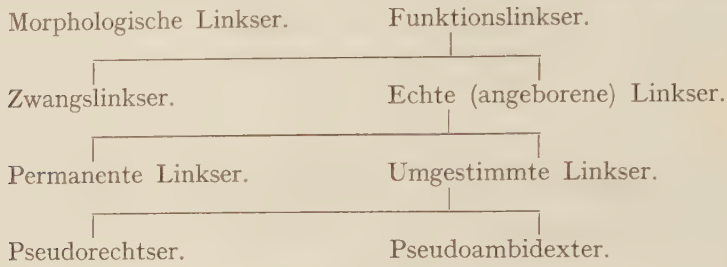
Trotz dieser ziemlich bestimmten Definition der Händigkeit ist es bisweilen sehr schwierig zu entscheiden, ob ein Individuum rechts- oder linkshändig ist. Bei Kindern ist die Diagnose leichter als bei Erwachsenen. Bei den ersteren haben sich nämlich die Faktoren, welche gewöhnlich auf eine Umstimmung von Links- zu Rechtshändigkeit hinwirken, noch nicht nennenswert geltend machen können. Diese Faktoren sind unter anderm folgende:

1. Die Erziehung im Elternhaus und in der Schule.
2. Die Neigung des Kindes zur Nachahmung seiner Umgebung.
3. Das Schreiben mit der rechten Hand.
4. Die Berufsausbildung sowie die Konstruktion der Werkzeuge für die rechte Hand.
5. Verletzung des Nervensystems.
6. Verletzung einer der oberen Extremitäten.

Die Händigkeit des Individuums ist also ein Produkt von Erbanlage und äusseren Einflüssen. Daher gibt es eine ganze Typenabstufung von ausgesprochenen Linksern, die dem Milieueinfluss gänzlich widerstanden haben, bis zu extremen Rechtsern (Weber (1904), Gaupp (1909), Stier (1911), Schaefer (1911), Voelckel (1913), Siebert (1918), Neurath

(1922 und 1924), Günther (1923), Bethe (1925), Brann (1929), Ludwig (1932), Lesné (1934)].

Diese Verhältnisse werden gut durch folgendes Schema von Ludwig (1932) veranschaulicht:



Bei einem »Morphologischen Linkser» ist der linke Arm länger, dicker und stärker als der rechte. Unter einem »Funktionslinkser» versteht man ein Individuum, das bei manueller Arbeit vorzugsweise den linken Arm benutzt. Ein »Zwangslinkser» war anfangs rechtshändig, ist aber durch Verletzung des Nervensystems oder des rechten Arms zu Linkshändigkeit umgestimmt worden. Umstimmung eines Rechtsers zu Linkshändigkeit kommt fast nur bei »Zwangslinksern» vor.

Verschiedene Forscher haben versucht, die rechts- bzw. linkshändigen Erwachsenen in Untergruppen einzuteilen. Rife (1922) und Downey (1927) tun dies auf folgende Weise:

1) RRR = einhändige Bewegung wird mit der rechten Hand ausgeführt, beim Graben befindet sich die rechte Hand zunächst dem Spatenblatt, beim Kricket steuert die rechte Hand.

2) RRL = einhändige Bewegung wird mit der rechten Hand ausgeführt, beim Graben befindet sich die rechte Hand zunächst dem Spatenblatt, beim Kricket steuert die linke Hand.

3) RLR = einhändige Bewegung wird mit der rechten Hand ausgeführt, beim Graben befindet sich die linke Hand zunächst dem Spatenblatt, beim Kricket steuert die rechte Hand.

4) RLL = einhändige Bewegung wird mit der rechten Hand ausgeführt, beim Graben befindet sich die linke Hand zunächst dem Spatenblatt, beim Kricket steuert die linke Hand.

Die Linkser sind in entsprechender Weise in LLL, LLR, LRL und LRR eingeteilt.

Downey (1927) hat die genannten Gruppen noch weiterhin danach eingeteilt, wie der Besen beim Fegen gehandhabt wird usw. Eine solche weitere Einteilung dürfte für meine folgende Darstellung bedeutungslos sein, weshalb ich sie ganz übergehe. Die hier beschriebene gröbere Einteilung ist indes von Interesse, weil sie eine ungefähre Vorstellung gibt, wie sich die Individuen auf der langen Skala von extremen Recht-

sern zu extremen Linksern verteilen. Bei 1287 Erwachsenen fand Downey (1927), dass 94 % einseitige Bewegungen mit der rechten Hand ausführten. Die Verteilung auf die verschiedenen Gruppen ist folgende:

RRR	35—40 %	LLL	30 %
RRL	45 %	LLR	30 %
RLL	10 %	LRR	35 %
RLR	1 %		

Die Untersuchungen von Rife und Downey haben deutlich ergeben, dass Links- und Rechtshändigkeit keine absoluten, sondern relative Begriffe sind, und dass es zwischen den Extremen viele Übergangsformen gibt.

Methoden zur Bestimmung der Händigkeit.

Die Zeit für das Auftreten der Rechts- bzw. Linkshändigkeit und deren Frequenz bei kleinen Kindern hat man gewöhnlich in der Weise bestimmt, dass man die Kinder wiederholt Gegenstände ergreifen liess, die gerade vor sie hingelegt waren. Man registrierte, ob sie mehr mit der rechten oder mit der linken Hand oder gleichzeitig mit beiden Händen griffen [Voelckel (1913) und Lesné (1934)].

Bei älteren Kindern und Erwachsenen macht es gewisse Schwierigkeiten zu bestimmen, welche Individuen in der Kindheit linkshändig waren. Um dies zu entscheiden, hat man gewisse Eigenschaften geprüft, auf die man dem Milieu wenig Einfluss zuschrieb (siehe Tab. 1).

Tabelle 1. *Relative Anzahl Bewegungen, die von Linkshändigen mit der rechten Hand ausgeführt werden.*

	Stier (1911)	Kamm (1930)
Schuhe putzen	9,8 %	—
Schneiden	12,9 %	ca. 25 %
Nähen	15,3 %	—
Werfen	15,6 %	ca. 17 %
Peitschen knallen	16,0 %	—
Zähne putzen		ca. 17 %
Löffeln		ca. 75 %

Stier (1911) hat eine Untersuchung an 266 270 deutschen Soldaten angestellt. 10 292 von diesen wurden von den Sanitätsoffizieren als linkshändig charakterisiert.

Kamm (1930) versandte Fragebogen an 190 Personen, die sich selbst für linkshändig hielten. Eine Anzahl dieser Linkser führte jedoch einseitige Bewegungen mit der rechten Hand aus (siehe Tab. 1).

Unter Rechtsern ist der entsprechende Wert für die linke Hand nach Stier (1911) immer $< 1\,\%$.

Die Lateralisierung nach der präformierten Seite ist also bei Rechtsern stärker ausgesprochen als bei Linksern. Dies ist eine überaus wichtige Feststellung.

Verschiedene Autoren, unter anderen v. Biervliet (1897), Sieben (1922) und Kahn (1925), haben versucht, die Händigkeit durch verschiedene Prüfungen der Muskelstärke der Arme zu diagnostizieren. Diese Methoden sind wenig zuverlässig (siehe Kap. IV), weshalb sie hier übergangen werden.

v. Bardeleben (1911) mass die Länge der Arme und Beine sowie den Schädelumfang bei Schulkindern. Auf diese Weise glaubte er »Armlinkser», »Beinlinkser» und »Kopflinkser» diagnostizieren zu können. Diese Beobachtungen machte er meist an Kindern, die in ihren Bewegungen Zeichen von Linkshändigkeit aufwiesen.

Noch viele andere, meiner Ansicht nach weniger zuverlässige Zeichen von Rechts- bzw. Linkshändigkeit, sind angeführt worden, z. B. die Lage der Daumen beim Händefalten, die Lage der Arme zueinander, wenn sie über der Brust gekreuzt werden usw. Diese werden hier nicht behandelt, weil sie für die weitere Darstellung bedeutungslos sind.

Es gibt also keine zuverlässige Prüfung der Händigkeit. Um zu einer wahrscheinlichen Diagnose zu gelangen, muss man eine Serie von Untersuchungen vornehmen. Die Prüfungen (mit Ausnahme des »Löffelns»), die in Tab. 1 aufgenommen sind, haben sich als am zuverlässigsten erwiesen. Trotzdem kann es unmöglich sein zu entscheiden, ob es sich im Einzelfall um ein Individuum handelt, das durch Milieueinfluss zu Rechtshändigkeit umgestimmt worden ist, oder um ein primär rechtshändiges.

Das Hervortreten der Händigkeit bei Kindern.

Die meisten Forscher sind der Ansicht, dass das Kind im Alter von 6—9 Monaten Differenzierung zu Rechts- oder Linkshändigkeit zu zeigen beginnt, und dass dieser Prozess im Alter von 1—2 Jahren abgeschlossen ist [v. Meyer (1873), Baldwin (1890), v. Bardeleben (1909), Voelckel (1913), Schwerz (1914), Lesné (1934) u. a.].

Sieben (1922) und Schultz (1923) behaupten, dass eine erbbedingte Lateralisierung schon prae partum stattfindet. Die willkürlichen Bewegungen (z. B. Daumenlutschen) sollen bei Rechtsern rechtsseitig und bei Linksern linksseitig erfolgen, schon wenn sie sehr kleine Kinder sind. Dagegen sollen die Reflexbewegungen gleichmässig auf beiden Seiten stattfinden.

Bethe (1925), Rasdolsky (1925), Watson (1925), Brann (1929), Kamm (1930) und Schott (1930) meinen, dass nur eine kleinere Anzahl Kinder durch Vererbung zu Rechts- oder Linkshändigkeit ausdifferen-

ziert ist. Die beiden lateralisierten Gruppen sollen gleich gross sein. Erst durch den Milieueinfluss sollen die Ambidexter zu Rechts- bzw. Linkshändigkeit umgestimmt werden. Die Ausdifferenzierung soll bis weit ins Schulalter hinein stattfinden und in einer fortschreitenden Verschiebung nach der rechtshändigen Seite bestehen (siehe Tab. 3). Nach Ludwig (1932) ist diese Auffassung unrichtig. Bethe und seine Schule seien dadurch zu diesen Resultaten gelangt, dass sie noch unentwickelte Eigenschaften der Kinder untersucht hätten.

Lesné (1934), welcher sorgfältige Studien an einem vollwertigen Material vornahm, fand, dass vor dem Alter von 5 Monaten praktisch alle Kinder Ambidexter sind. Im Alter von 5—6 Monaten tritt eine Differenzierung ein, indem 70 % beginnen, vorzugsweise eine Hand (abwechselnd die rechte und die linke) zu gebrauchen. Die übrigen 30 % bleiben Ambidexter. Im Alter von 9 Monaten sollen die lateralisierten Kinder infolge des Milieueinflusses meist die rechte Hand benutzen. Im Alter von 10—11 Monaten ist das Ambidexterstadium ganz überwunden. Psychische Einflüsse und Krankheiten verzögern die Differenzierung. Ohne Milieueinfluss findet Lateralisierung in derselben Weise statt, aber bedeutend langsamer.

Die Frequenz der Linkshändigkeit.

Die Angaben in der Literatur über die Häufigkeit der Linkshändigkeit gehen sowohl für Kinder als für Erwachsene ausserordentlich stark auseinander. Dies erklärt sich daraus, dass die Untersuchungsergebnisse durch folgende Momente beeinflusst werden:

1. Die Zusammensetzung des Materials in bezug auf Alter, Geschlecht usw.
2. Die Grösse des Materials.
3. Die Untersuchungsmethodik.

Wenn keine grösseren Anstrengungen gemacht werden, um die sog. Pseudorechtser zu entdecken, werden diese als rechtshändig charakterisiert. Auf diese Weise werden nur die extremen Fälle als Linkser registriert.

Am zuverlässigsten sind die Ergebnisse natürlich, wenn der Forscher persönlich jeden einzelnen Fall seines Materials untersucht. Bei Massenuntersuchungen war dies in der Regel nicht möglich. Die Untersuchung lag durchweg in den Händen von Eltern, Lehrern, militärischen Vorgesetzten u. dgl. Die ungenügende Sachkenntnis dieser Personen hat zur Folge, dass die für die Frequenz der Linkshändigkeit gefundenen Werte meist zu niedrig sind. Wehrpflichtige hat man aufgefordert, sich zu melden, falls sie sich selbst für linkshändig hielten. Scham, Misstrauen gegen die Zwecke der Untersuchung, die Vorstellung, dass

Linkshändigkeit etwas Minderwertiges sei, u. a. m. haben bewirkt, dass man sehr oft unrichtige Werte erhalten hat.

Die Bedeutung der Untersuchungsmethode ergibt sich aus Tab. 2.

Es besteht Grund zu der Annahme, dass Kinder in 15—20 % linkshändig sind (siehe Tab. 2 und 3). Während des Schulalters nimmt die

Tabelle 2. *Frequenz der Linkshändigkeit bei verschiedenen Identitätsmethoden.*

Verfasser	Material	Untersuchungsmethode	L. H. in Proz.
Hasse u. Dehner (1893) . . .	5,141 st.	L. H. Soldaten (nach eigener Angabe).	1,0 %
Schaefer (1911)	17,074 »	Fragebogen an die Eltern.	4,1 %
von Bardeleben (1911)	—	» » » genau instruierten Lehrer.	ca. 10 %
Schwerz (1914)	1,072 »	Fragebogen an die Lehrer.	7,9 %
Neurath (1922)	70,055 »	» » » »	3,9 %
Stier (1911)	1,070 »	Persönliche Untersuchung.	9,1 %
von Bardeleben (1911)	351 »	» » (Messung von Armen, Beinen und Schädeln.) Nur sichere Fälle.	20 %
		Auch unsichere Fälle.	30 %

Tabelle 3. *Händigkeit bei Kindern nach* Bethe (*1925*).

Anz. Fälle	Jahre alt	L	L > R	L = R	R > L	R
42	1 3/4—4	16,7	23,8	21,4	21,4	16,7
53	4—6	17,0	1,9	5,7	24,5	51,0

Frequenz der Linkshändigkeit ab [Stier (1911), Schaefer (1911), Ramaley (1913), Siemens (1924)]. Dies soll unter anderm darauf beruhen, dass das Kind einen starken Antrieb zu Rechtshändigkeit erhält, wenn es schreiben lernt. Stier (1911) hat durch umfangreiche Untersuchungen an Soldaten verschiedenen Alters wahrscheinlich gemacht, dass die Linkshändigkeit nach dem Ende der Schulzeit zunimmt. Dies führt er darauf zurück, dass der Milieueinfluss geringer wird, so dass sich die natürlichen Anlagen stärker geltend machen können.

Die Frequenz der Linkshändigkeit bei Erwachsenen ist von einer sehr grossen Anzahl Forscher bestimmt worden. Die Arbeiten, welche ungenügende Angaben über die Grösse und Zusammensetzung des Materials enthalten, übergehe ich hier. Die wichtigsten Untersuchungen sind in Tab. 4 angegeben.

Die Frequenz der funktionellen Linkshändigkeit dürfte also bei Erwachsenen ungefähr 5 % betragen. Vom morphologischen Gesichtspunkt aus, d. h. wenn man die Länge, Kraft usw. der Arme berücksichtigt, erhält man indes einen Wert von ca. 15 % [v. Bardeleben (1909), Günther (1923) u. a.]. Dies wird darauf zurückgeführt, dass es eine nicht geringe Anzahl Individuen gibt, welche bei unbewussten Be-

Tabelle 4. *Frequenz der Linkshändigkeit bei Erwachsenen.*

Verfasser	Material	Untersuchungsmethode	L. H. in Proz.
Hasse u. Dehner (1893)	5,141 ♂	L. H. Soldaten (nach eigener Angabe).	1,0 %
Ogle (1871)	1,000 ♂	Befragung und Untersuchung.	5,7 %
Ogle (1871)	1,000 ♀	» » »	2,8 %
Lombroso (1884)	661 ♂	» » »	4,0 %
Lombroso (1884)	238 ♀	» » »	5,5 %
Stier (1911)	4,781 ♂	Persönliche Untersuchung.	4,6 %
Stier (1911)	266,270 ♂	Befragung durch Truppenärzte.	3,9 %
Mills (1925)	200 ♂ + ♀	Persönliche Untersuchung.	11,0 %

wegungen hauptsächlich den linken Arm benutzen, aber bei funktioneller Untersuchung als Rechtser auftreten.

Die Frequenz der Händigkeit weist Geschlechtsunterschiede auf. Diese finden sich schon bei Kindern (siehe Tab. 5). Früher nahm man gewöhnlich an, dass Frauen häufiger linkshändig seien als Männer [Amadli u. Tonnini (1883), Lombroso (1884), Jobert (1885), v. Biervliet (1899)]. Spätere Autoren haben indes das Umgekehrte gefunden (siehe Tab. 5). Das Überwiegen der Linkshändigkeit beim männlichen Geschlecht soll folgende zwei Ursachen haben:

Tabelle 5. *Geschlechtsunterschiede in der Frequenz der Linkshändigkeit.*

Verfasser	Material	L. H. in Proz. ♂	L. H. in Proz. ♀	♂ : ♀
Schaefer (1911)	17,074 Schulkinder.	5,2 %	3,0 %	1/0,58
Neurath (1922)	70,555 »	4,5 %	3,4 %	1/0,76
Ogle (1871)	2,000 Erwachsene.	5,7 %	2,8 %	1/0,49
Lombroso (1884)	899 »	4,0 %	5,5 %	1/1,40
Stier (1911)	Grosse Anz. Linkshändiger.	—	—	1/0,62

1. Die Männer sind mehr lateralisiert als die Frauen, d. h. unter den ersteren sind extreme Rechtser bzw. Linkser häufiger als unter den letzteren. Die extremen Linkser können durch das Milieu nicht zu »Pseudorechtsern» umgestimmt werden [Günther (1923)].

2. Die erblichen Verhältnisse der Händigkeit.

Schematisch vererbt sich nämlich die Linkshändigkeit folgendermassen [Stier (1911), Neurath (1922) u. a.]:

1. Vom Vater auf den Sohn, selten auf die Tochter.

2. Von der Mutter auf den Sohn oder auf die Tochter.

3. Vom Vater über eine rechtshändige Tochter auf den Enkel oder gelegentlich die Enkelin.

Auf die Erblichkeit der Linkshändigkeit haben sehr zahlreiche Forscher hingewiesen [Cunningham (1902), Gaupp (1909), Stier (1911), Schwerz (1914), Neurath (1922), Günther (1923), Bethe (1925),

Verschuer (1930), Ludwig (1932) u. a.], weshalb jetzt kein Zweifel mehr an der Richtigkeit dieser Behauptung bestehen dürfte.

In dieser Arbeit übergehe ich die Genese der Händigkeit und ihren Zusammenhang mit pathologischen Prozessen (Degenerationszeichen, Sprachstörungen, Epilepsie usw.), da ein Eingehen hierauf zu weit führen würde. Die Kenntnis dieser Verhältnisse ist auch für die folgende Darstellung nicht nötig.

Die Beinigkeit.

Da es für das Verständnis der Körperasymmetrien von ausserordentlicher Wichtigkeit ist, dass man die funktionelle Asymmetrie der unteren Extremitäten kennt, will ich hier eine kurze Darstellung derselben geben.

Die Beinigkeit kann in derselben Weise definiert werden wie die Händigkeit (siehe S. 235). Die Diagnose der Beinigkeit macht gewisse Schwierigkeiten, da es praktisch keine isolierten einseitigen Bewegungen der Beine gibt. Andererseits wird sie dadurch erleichtert, dass die Beinigkeit keinem nennenswerten Milieueinfluss unterliegt. Ballstoss ist bei denen, die diesen Sport nicht speziell betreiben, die Bewegung, welche die Rechts- oder Linksbeinigkeit am besten verrät. Weniger geeignet ist Abspringen sowie die Stellung der Füsse beim Schlittern [Stier (1911), Kamm (1930), Stern (1932)].

Die meisten Autoren behaupten, dass Rechtshändigkeit gewöhnlich mit Rechtsbeinigkeit und Linkshändigkeit mit Linksbeinigkeit verbunden ist [Isenflamm (1800), Bell (1836), Arnold (1845), Ogle (1871), Richer (1897), Guldberg (1897), Gaupp (1909), Stier (1911), Schwerz (1914), Haglund (1916), Neurath (1922), Rife (1922), Downey (1927), Ludwig (1932), Stern (1932)]. Stier (1911) fand z. B., dass 95 % der Rechtshändigen mit dem rechten Bein und 75 % der Linkshändigen mit dem linken Bein stossen. Die Beinigkeit ist stark an die Händigkeit gekoppelt, denn wenn jemand durch Verletzung des rechten Arms zum »Zwangslinkser» wird, so wird er allmählich auch linksbeinig [Ludwig (1932)].

Die Beinigkeit tritt bei Kindern ungefähr gleichzeitig mit der Händigkeit hervor [Baldwin (1890), Stier (1911), Gutzmann, Ludwig (1932) u. a.]. Ihre Rassen- und Geschlechtsunterschiede sowie ihre Häufigkeit in verschiedenen Lebensaltern ist nicht Gegenstand eingehenderer wissenschaftlicher Behandlung gewesen.

Eigene Untersuchungen.

Ich will kurz zwei eigene Untersuchungen über die Händigkeit bei Kindern und Erwachsenen mitteilen. Dies kann vielleicht etwas unmotiviert erscheinen, da dieselben wenig prinzipiell Neues ergeben ha-

ben. Ich tue es indes, weil diese Untersuchungen teilweise meinem Studium der Verteilung der Gelenkaffektionen auf die verschiedenen Extremitätengelenke in Kap. V zugrunde liegen. Dadurch, dass ich hier meine Untersuchung der Händigkeit beschreibe, wird der Leser besser in den Stand gesetzt, den Wert der in Kap. V vorgelegten Resultate zu beurteilen.

Materialbeschreibung.

Zusammensetzung des Materials.

Das Material zerfällt in zwei Teile. Der erste umfasst 733 Personen (388 männliche und 335 weibliche), die in den letzten 20 Jahren wegen Polyarthritis rheumatica acuta in schwedischen Krankenhäusern behandelt wurden. (Nähere Angaben siehe S. 267). Die Altersverteilung in dieser Gruppe ist folgende:

4 1/12— 7	Jahre	alt	13	Fälle
7 1/12—10	»	»	31	»
10 1/12—13	»	»	86	»
13 1/12—16	»	»	123	»
16 1/12—20	»	»	140	»
>20	»	»	330	»

Die zweite Materialgruppe besteht aus 552 Personen (166 männlichen und 386 weiblichen), alle > 20 Jahre alt. Sämtliche wurden in den Sommern 1940 oder 1941 in dem Bad Sätra Brunn behandelt, gewöhnlich wegen rheumatischer Krankheiten.

Bearbeitung des Materials.

An sämtliche Personen der ersten Materialgruppe wurde ein Fragebogen mit der Bitte um genaue Beantwortung folgender Fragen gesandt:

1. In welcher Hand halten Sie den Löffel, wenn Sie Suppe essen?
2. In welcher Hand halten Sie am liebsten die Säge beim Sägen?
3. Mit welchem Arm werfen Sie am besten?
4. In welcher Hand halten Sie am liebsten das Messer beim Schneiden?
5. In welcher Hand halten Sie die Zahnbürste beim Zähneputzen?
6. In welcher Hand halten Sie die Bürste beim Schuhputzen?
7. Welchen Fuss benutzen Sie am liebsten beim Ballstoss u. dgl.?

Wenn das Individuum bei Versendung des Fragebogens > 17 Jahre alt war, wurde ihm dieser persönlich zugeschickt, sonst seinen Eltern. Nur wenn die Fragen ganz deutlich und ohne jede Unentschiedenheit beantwortet wurden, wurde der Fall in das Material aufgenommen.

Die Fragen betreffen die Bewegungen, welche nach früheren Untersuchungen von Rechtsern grösstenteils mit der rechten und von Linksern überwiegend mit der linken Hand ausgeführt werden (siehe S. 237 und Tab. 1). Der Ballstoss ist die Bewegung der unteren Extremitäten, welche in stärkster Korrelation zur Händigkeit steht (siehe S. 242). Deshalb wurde er in den Fragebogen aufgenommen.

Wenn zwei oder mehr der Fragen mit »links» beantwortet wurden, wurde das Individuum als primär linkshändig charakterisiert.

Die zweite Materialgruppe habe ich persönlich untersucht. An jeden der Patienten wurden die Fragen gestellt, die in den obigen Fragebogen aufgenommen sind. Bei denen, welche infolge ihrer Krankheit längere Zeit invalid waren, war es bisweilen schwierig, sichere Auskunft darüber zu erhalten, wie der Betreffende gewisse Bewegungen auszuführen pflegte. In zweifelhaften Fällen liess ich, wenn die Krankheit kein Hindernis in den Weg legte, die Versuchsperson die Bewegungen bei der Untersuchung machen. Schwere Gelenkaffektionen haben in einer kleineren Anzahl von Fällen den Patienten zum »Zwangslinkser» bzw. »Zwangsrechtser» gemacht. Ich habe dann durch Einziehung anamnestischer Auskünfte versucht, die Verhältnisse vor Beginn der Krankheit festzustellen. Fälle mit unsicheren Angaben wurden nicht in die Bearbeitung aufgenommen. Die Art der Beurteilung war bei dieser Materialgruppe dieselbe wie bei der vorhergehenden.

Mängel der Materialgruppen und der Untersuchungsmethoden.

Keine der beiden Materialgruppen ist in völlig befriedigender Weise untersucht worden. Der Fragebogen wurde an $>$ 1,000 Personen versandt, doch gingen nur 723 brauchbare Antworten ein. Viele waren nämlich nicht antreffbar, andere haben den Fragebogen nicht zurückgesandt und wieder andere unvollständige Angaben gemacht. Auch die anscheinend befriedigenden Antworten sind wahrscheinlich bis zu gewissem Grade mit Mängeln behaftet, von denen folgende die wichtigsten sein dürften:

1. Der Betreffende hat infolge schlechten Gedächtnisses, ungenügender Selbstbeobachtung, Scham und Scheu, eine eventuelle Linkshändigkeit anzugeben, mehr oder minder unrichtige Angaben gemacht.

2. Zwangslinkser und Zwangsrechtser infolge Verletzungen des zentralen Nervensystems oder der Extremitäten sind vermutlich mit dieser Untersuchungsmethode nicht registriert worden.

Die zweite Materialgruppe wurde persönlich untersucht. Die rheumatischen Krankheiten der Versuchspersonen haben indes in ziemlich grossem Umfang solche Veränderungen hervorgerufen, dass ich nicht selten gezwungen war, die Diagnose Rechts- oder Linkshändigkeit auf anamnestische Angaben zu stützen. Messung der Kraft und Länge der Extremitäten usw. zwecks Sicherstellung der Diagnose war nicht mög-

lich, weil Schmerzen, Bewegungsbeschränkungen und Muskelatrophien allzu grosse Fehlerquellen gewesen wären. Dank dem persönlichen Kontakt mit jedem Individuum bestand hier grössere Aussicht als bei der ersten Materialgruppe, Pseudorechtser und Pseudolinkser zu entdecken.

Wie oben bemerkt, führen Rechtshändige die in den Fragebogen aufgenommenen Bewegungen in $< 1\ \%$ mit der linken Hand bzw. dem linken Bein aus. Da alle zu den Linksern gerechnet wurden, welche zwei oder mehr der Fragen mit »links» beantworteten, dürfte kein Rechtser als Linkser charakterisiert worden sein.

Praktisch alle Fehlerquellen bewirken, dass die Frequenz der Linkser niedriger ausfällt, als sie in Wirklichkeit ist. Wie gross die Fehlerquellen sind, entzieht sich indes meiner Beurteilung. Vermutlich sind sie ziemlich bedeutend.

Untersuchungsresultate.

Die Werte, welche für die Frequenz der Linkshändigkeit erhalten wurden, ergeben sich aus Tab. 6. Sie sind wahrscheinlich höher, als manche frühere Forscher gefunden haben (siehe Tab. 4). Gegen die Zusammensetzung meiner Materialgruppen dürfte nichts einzuwenden sein, da meines Wissens kein Zusammenhang zwischen rheumatischen Krankheiten und Linkshändigkeit besteht. Die Ursache des erwähnten Frequenzunterschiedes dürfte deshalb in Verschiedenheit der Untersuchungsmethoden zu suchen sein. Wie oben bemerkt, können die hier erhaltenen Werte für die Frequenz der Linkshändigkeit kaum zu hoch sein, sondern sind vielmehr wahrscheinlich nicht unbedeutend zu niedrig. Es besteht deshalb Grund zu der Annahme, dass die Häufigkeit der primären Linkshändigkeit ca. 15 % beträgt.

Eigentümlicherweise ist die genannte Frequenz bei den persönlich untersuchten Fällen durchweg niedriger als bei den schriftlich befragten. (Ein statistisch sichergestellter Unterschied besteht nicht.) Die etwas höhere Frequenz für die Männer als für die Frauen stimmt wohl mit den Befunden früherer Forscher überein (siehe S. 241). (Auch hier wurde infolge der Kleinheit der Materialgruppen kein sichergestellter Unterschied erhalten.)

Tabelle 6. *Frequenz der Linkshändigkeit (in Proz. angegeben) innerhalb der verschiedenen Materialgruppen.*

	♂	♀
Persönl. unters. Fälle > 20 Jahre alt	9,6 ± 2,3	7,5 ± 1,3
Zugeschriebene Fälle > 20 Jahre alt	13,1 ± 2,6	11,6 ± 2,5
Zugeschriebene Fälle < 20 Jahre alt.....	14,9 ± 2,4	9,9 ± 2,3

Um die Bedeutung der Händigkeit für die Statik des Körpers zu verstehen, muss man ihre Altersvariationen, ihre Frequenz sowie die relative Anzahl Bewegungen kennen, die von einem Linkser in verschiedenen Lebensabschnitten mit der linken Hand ausgeführt werden.

Mein relativ kleines Kindermaterial zeigt keinen Unterschied in der Frequenz der Linkshändigkeit mit zunehmendem Alter (siehe Tab. 7).

Tabelle 7. *Frequenz der Linkshändigkeit in verschiedenen Altersperioden.*

Jahre alt	Anz. L. H. in Proz.
1 1/12—7.....	7,7 (n = 13)
7 1/12—10.....	9,7 ± 5,3
10 1/12—13.....	14,0 ± 3,7
13 1/12—16.....	12,2 ± 3,0
16 1/12—20.....	13,6 ± 2,9

Die Fälle, welche ich in der Materialgruppe »Schriftlich Befragte» als rechtshändig bezeichnet habe, haben die verschiedenen Bewegungen in 99,92 ± 0,18 % mit der rechten Hand bzw. dem rechten Bein gemacht. Für beide Geschlechter und für sämtliche Altersklassen über 4 Jahre wurde ungefähr derselbe Wert erhalten.

Bei Linksern erfolgt mit zunehmendem Alter eine bedeutende Verlegung der einseitigen Bewegungen von der linken nach der rechten Hand. Dies geht aus Tab. 8 hervor. Diese gibt die relative Anzahl

Tabelle 8. *Relative Anzahl Bewegungen (in Proz. angegeben), die von Linkshändigen mit der rechten Hand ausgeführt werden.*

	4 1/12—16 J. alt	> 16 1/12 J. alt
Löffeln.....	48,3	76,7
Sägen.....	39,3	65,5
Werfen.....	23,3	66,7
Schneiden.....	50,0	67,8
Zähne putzen.....	34,5	50,0
Schuhe putzen.....	36,7	61,7
Ball stossen.....	29,6	32,8

Bewegungen an, welche von Linksern mit der rechten Hand ausgeführt werden. Die Altersklasse 4 1/12—16 Jahre umfasst nur 30 Individuen und die Gruppe über 16 Jahre 60 Personen. Die mittleren Fehler der Mittelwerte sind deshalb so gross, dass man keine statistisch gesicherten Unterschiede erhält. (Deshalb sind die mittleren Fehler nicht in die Tabelle aufgenommen.) Aus Tab. 8 dürfte jedoch Folgendes hervorgehen:

1. Die Verlegung ist bei den einzelnen Bewegungen vermutlich verschieden stark ausgesprochen.

2. Die Beinigkeit ist stark an die Händigkeit gekoppelt. Die erstere zeigt keine nennenswerte Veränderung mit zunehmendem Alter.

Ich lege Gewicht darauf, das Vorhandensein dieser Verlegung mit voller Sicherheit festzustellen. Deshalb bin ich folgendermassen verfahren:

1. Die Linkser der ersten Materialgruppe wurden in zwei Altersklassen eingeteilt, von denen die erste Individuen zwischen 4 1 12 und 16 Jahren, die zweite solche über 16 1/12 Jahre umfasst.

2. Für jede dieser Klassen wurden sämtliche beantwortete Fragen zusammengestellt und folgendermassen eingeteilt:

R = Die Bewegung erfolgt mit der rechten Hand.
L = » » » » » linken » .
RL = » » » entweder mit der rechten oder mit der linken Hand.

3. Die so erhaltenen Zahlen wurden in relative Frequenz umgerechnet und in Tab. 9 zusammengestellt.

Tabelle 9. *Relative Anzahl Bewegungen (in Proz. angegeben), die von Linkshändigen mit der rechten Hand, mit der linken Hand und mit beiden Händen ausgeführt werden.*

Jahre alt	R	L	RL
4 1/12—16	37,1	58,1	4,9
	± 3,4	± 3,5	± 1,5
> 16 1/12	60,2	34,2	5,6
	± 2,4	± 2,3	± 1,1

R = Bewegungen mit rechter Hand ausgeführt.
L = » linker Hand »
RL = » » rechter oder linker Hand ausgeführt.

Aus Tab. 9 geht hervor, dass bei den Linksern eine bedeutende Verlegung der Bewegungen von der linken nach der rechten Hand mit zunehmendem Alter stattfindet. Dies dürfte auf Milieueinfluss beruhen (Nachahmung, Erziehung, Unterricht, Werkzeugkonstruktion usw.). Hieraus kann man möglicherweise den Schluss ziehen, dass die Beinigkeit das ganze Leben hindurch unverändert bleibt, da sie keinem nennenswerten Einfluss dieser Milieufaktoren ausgesetzt ist.

Zusammenfassung.

Die Ergebnisse meiner in diesem Kapitel beschriebenen Untersuchungen lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

1. Die Frequenz der Linkshändigkeit bei 166 Männern und 386 Frauen wurde durch persönliche Untersuchung zu 9,6 ± 2,3 % bzw. 7,5 ± 1,3 % festgestellt. Diese Individuen sind in grossem Umfang mit rheumatischen Krankheiten behaftet, weshalb die erhaltenen Werte unsicher und wahrscheinlich zu niedrig sind.

2. Schriftliche Fragebogen, die an 723 praktisch gesunde Individuen verschiedenen Alters versandt wurden, ergaben folgende Werte für die Häufigkeit der Linkshändigkeit:

Männer $>$ 20 Jahre 13,1 $\pm$ 2,6 %.
Frauen $>$ 20 Jahre 11,6 $\pm$ 2,5 %.
Männer $<$ 20 Jahre 14,9 $\pm$ 2,4 %.
Frauen $<$ 20 Jahre 9,9 $\pm$ 2,3 %.

3. Der Verfasser hält die Annahme für begründet, dass die Frequenz der primären Linkshändigkeit ca. 15 % beträgt.

4. Eine sichere Veränderung der Häufigkeit der Linkshändigkeit mit zunehmendem Alter konnte nicht konstatiert werden.

5. Während des ganzen Lebens führen die Rechtser einseitige Bewegungen praktisch ausschliesslich mit der rechten Hand aus.

6. Mit zunehmendem Alter gebrauchen die Linkser immer häufiger bei einseitigen Bewegungen die rechte Hand.

7. Eine Verlegung der einseitigen Bewegungen vom linken nach dem rechten Bein war nicht festzustellen.

8. Die Ursache der unter Punkt 6 angegebenen Umstimmung dürfte Milieueinfluss sein (Nachahmung, Erziehung, Unterricht, Werkzeugkonstruktion usw.).

Kap. IV.

Der Zusammenhang zwischen der Händigkeit und den physiologischen Extremitätenasymmetrien.

Fragestellungen. Literaturübersicht.

Um sich ein Urteil über die Statik des Körpers bilden zu können, dürfte es notwendig sein, dass man die physiologischen Extremitätenasymmetrien kennt. Dies gilt vor allem für die unteren Extremitäten. Als Grundlage der folgenden Darstellung will ich deshalb in diesem Kapitel eine kurze Übersicht früherer Untersuchungen über die Asymmetrien in bezug auf Länge, Umfang, Gewicht und Kraft der Extremitäten bei Kindern und Erwachsenen geben.

Obere Extremitäten.

Die Länge der oberen Extremitäten.

Man war früher der Ansicht, dass keine Asymmetrien in der Länge der Arme vor 1- 2 Jahren nach der Geburt vorkommen. Bei Messungen Neugeborener hat man Unterschiede zwischen der rechten und linken

Seite festgestellt. Diese waren jedoch so klein, dass sie innerhalb der Fehlergrenzen der Messmethoden zu liegen schienen [Arnold (1845), Harting (1870), Gaupp (1889), Martin (1928)]. Godin (1910), Bartelmez u. Evans (1926) sowie Schultz (1926) sind indes der Ansicht, dass schon während der Fötalentwicklung sichere Asymmetrien bestehen. Schultz (1926) mass die Länge des Humerus bei 100 Föten nach dem 4. Fötalmonat und konstatierte dabei dieselben Asymmetrien, die er bei Erwachsenen gefunden hatte (siehe Tab. 10). Der Wert dieser Untersuchungen lässt sich schwer beurteilen, weil die Autoren keine eingehende Beschreibung des Untersuchungsmaterials, der Messmethodik, der Grösse der beobachteten Differenzen usw. geben.

Tabelle 10. *Das Verhältnis zwischen den Längen des rechten und linken Armes.*

Verfasser	Material	Gemessen wurde	Anz. Fälle	R>L %	R=L %	R<L %
Hasse u. Dehner (1893) ...	Soldaten.	Arm.	5141	75,0	18,0	7,0
Matiegka (1893)	Skelette.	»	53	77,0	16,0	7,0
Schultz (1926)	»	Humerus.	105	54,0	24,0	22,0
Stier (1911)	R. H.	Oberarm.	66	62,5	28,8	9,1
» »	»	Unterarm.	66	45,8	43,9	10,6
» »	L. H.	Oberarm.	200	33,5	31,8	34,7
» »	»	Unterarm.	200	18,0	37,7	44,3

Kinder vom Schulalter an zeigen dieselben Asymmetrien der Arme wie Erwachsene. Diese Verhältnisse sind von zahlreichen Forschern behandelt worden, welche alle darin einig sind, dass der rechte Arm gewöhnlich länger ist als der linke [Arnold (1845), Hyrtl (1882), Rollet (1888), Gaupp (1889), Matiegka (1893), Hasse u. Dehner (1893), Merkel (1903), Gegenbauer (1909), Gaupp (1909), v. Bardeleben (1909), Stier (1911), Schwerz (1914), Haglund (1916), Mendes-Corrêa (1922), Günther (1923), Smith (1925), Romich (1927), Schott (1930), Ludwig (1932) u. a.].

Die Angaben in der Literatur über die Häufigkeit und den absoluten Wert dieser Asymmetrie variieren. Dies dürfte auf folgenden Umständen beruhen:

1. Viele Autoren haben ein zu kleines Untersuchungsmaterial benutzt.
2. Die Messungen sind von manchen Forschern an Lebenden, von andern an Skeletten vorgenommen worden.
3. Die Messtechnik war verschieden.
4. Die relative Anzahl der Linkser war in den verschiedenen Materialgruppen nicht konstant.

Gewöhnlich beträgt der Unterschied der totalen Länge der Arme 1 cm (Maximum 3 cm). Das Längenverhältnis zwischen dem rechten und dem linken Arm ist in Tab. 10 angegeben.

Die Ursache dieser Asymmetrien ist lebhaft erörtert worden. Im vorigen Jahrhundert hat man mehrere, überaus unwahrscheinliche Theorien aufgestellt, welche ich hier ganz übergehe. Mit grösster Wahrscheinlichkeit besteht ein Kausalzusammenhang zwischen der Händigkeit und den physiologischen Längenasymmetrien der Arme. Dies ist z. B. behauptet worden von Raymondaud (1882), Hasse u. Dehner (1893), Merkel (1903), Gaupp (1909), Stier (1911), Schwerz (1914), Smith (1925) und Ludwig (1932). Als Stütze für diese Behauptung kann weiterhin angeführt werden, dass Hasse u. Dehner (1893) bei 58 extremen Linksern in 57 Fällen fanden, dass der linke Arm länger war. Stier (1911) hat festgestellt, dass der schlechter koordinierte Arm bei Rechtsern in ca. 4,5 % und bei Linksern in ca. 20 % länger war. Godin (1910) beobachtete, dass die Unterschiede zwischen dem rechten und dem linken Arm verschwinden, wenn rechtshändige Kinder zu Ambidextrie erzogen werden. Dies dürfte der denkbar beste Beweis sein, dass ein Kausalzusammenhang zwischen der Händigkeit und den physiologischen Extremitätenasymmetrien besteht. Grössere Länge des linken als des rechten Arms kommt bei Erwachsenen häufiger vor als funktionelle Linkshändigkeit. Die Ursachen hiervon dürften u. a. folgende sein:

1. Gewisse Berufe fordern eine bedeutend grössere Funktion des linken als des rechten Arms. Es ist wohl denkbar, dass infolgedessen der linke Arm länger wird als der rechte.

2. Ein Pseudorechtser gebraucht wahrscheinlich das ganze Leben hindurch den linken Arm mehr als den rechten. Dies gilt speziell für die unbewussten Bewegungen. Die Folge ist, dass der linke Arm auch im erwachsenen Alter länger bleibt als der rechte.

Der erwähnte Frequenzunterschied schliesst also meiner Ansicht nach nicht aus, dass die funktionellen Asymmetrien der Arme für die morphologischen von Bedeutung sind.

Die Linkser führen, wie ich in Kap. III, S. 247 gezeigt habe, mit zunehmendem Alter immer mehr Bewegungen mit dem rechten Arm aus. Hieraus erklärt es sich, dass bei Linksern der schlechter koordinierte Arm häufiger länger ist als bei Rechtsern.

Umfang und Gewicht der oberen Extremitäten.

Der Umfang und das Gewicht der Arme weisen im grossen und ganzen dieselben Verhältnisse auf, die ich hinsichtlich ihrer Länge angeführt habe.

Die langen Röhrenknochen der oberen Extremitäten haben häufiger grösseren Umfang auf der rechten als auf der linken Seite [Harting (1870), v. Bardeleben (1909) u. a.]. Dies gilt auch für den ganzen Arm sowohl bei Kindern [Godin (1910)] als bei Erwachsenen [Stier (1911)]. Bei Linksern ist der linke Arm in 35—45 % dicker und der rechte in

20—30 %. Die entsprechenden Werte für Rechtser sind ca. 10 % und 50—60 % [Stier (1911), Schwerz (1914)].

Der rechte Arm ist bei Erwachsenen gewöhnlich schwerer als der linke [Merkel (1903), Frohse u. Fränkel (1908), Gaupp (1909), Schwerz (1914) u. a.]. Für Kinder fehlt es, soweit ich feststellen konnte, an zuverlässigen Angaben. Das Armskelett der rechten Seite ist gewöhnlich schwerer als das der linken [Bischoff (1863), Lehmann-Nitsche (1895)]. Dasselbe gilt in noch höherem Grad für die Muskulatur [Weber (1849), Theile (1884), Frohse u. Fränkel (1908), Gaupp (1909)]. Zwischen der Händigkeit und dem Gewicht der Arme besteht dieselbe gute Übereinstimmung wie hinsichtlich ihrer Länge.

Die Kraft der oberen Extremitäten.

Die Kraft des rechten Arms ist gewöhnlich grösser als die des linken. Diese Regel gilt sowohl für Kinder als für Erwachsene [Quetelet (1836), Guldberg (1897), Jackson (1905), Stier (1911), Schwerz (1914)]. Stier (1911) fand bei 116 sicher Rechtshändigen folgendes Verhältnis zwischen der Kraft des rechten und der des linken Armes: $R > L$ 65 %, $R < L$ 22 %. Bei 239 Linksern konstatierte er $R > L$ in 30 %. Feinere Koordination und grössere Kraft laufen also nicht immer parallel. Dies erklärt man damit, dass manche Berufe grössere Kraft des schlechter koordinierten Armes fordern.

Untere Extremitäten.

Auch die unteren Extremitäten zeigen Asymmetrien in bezug auf Länge, Umfang, Gewicht und Kraft. Die Unterschiede zwischen beiden Seiten sind weniger ausgesprochen als bei den Armen und zeigen bei Kindern und Erwachsenen Verschiedenheiten.

Die Länge der unteren Extremitäten.

Bei Föten und neugeborenen Kindern finden sich keine sicheren Unterschiede in der Länge der unteren Extremitäten [Gaupp (1909), Godin (1910)]. Im zweiten Lebensjahr treten Asymmetrien auf, welche sich so verteilen, dass die rechte Seite in ca. 80 % und die linke in ca. 20 % überwiegt. Diese Unterschiede entstehen möglicherweise etwas später als die der Arme [Arnold (1845), Haglund (1916), Romich (1927 und 1933)]. Zwischen dem 10. und 15. Lebensjahr verschwindet die Asymmetrie dadurch, dass das linke Bein im späteren Teil der Kindheit stärker wächst als das rechte. Diese Entwicklung setzt sich auch nach dem genannten Alter fort, weshalb das linke Bein bei Erwachsenen gewöhnlich länger ist als das rechte Staffel (1885), Matiegka (1893), Romich (1927 und 1933)]. (Siehe Tab. 11.)

Tabelle 11. *Das Verhältnis zwischen den Längen des rechten und linken Beines.*

Verfasser	Material	Anz. Fälle	R > L %	R = L %	R < L %
Hasse u. Dehner (1893) ...	Soldaten.	5141	16,0	32,0	52,0
Garson (1899)	Skelette.	70	35,8	10,0	54,3
Schwerz (1914)	Femur.	124	30,7	16,9	52,4
» »	Tibia.	115	26,1	10,4	63,5

Zuverlässige Untersuchungen an einem genügend grossen Normalmaterial von Kindern fehlen praktisch. Dies beruht teils darauf, dass die Beschaffung eines solchen Schwierigkeiten macht (vor allem gilt dies für Skelettmaterial), teils darauf, dass man die Materialgruppen nicht in geeigneter Weise eingeteilt hat. (Jüngere Kinder mit längerem rechtem als linkem Bein und ältere mit der umgekehrten Asymmetrie sind nicht je für sich behandelt worden.)

Der Längenunterschied zwischen den beiden Beinen beträgt bei Erwachsenen ungefähr 2 cm. Bei Skeletten ist der entsprechende Wert 0,5—1,5 cm. Dieser Unterschied liegt hauptsächlich im Oberschenkel. Bisweilen findet sich eine gekreuzte Asymmetrie der unteren Extremitäten, d. h. das Femur zeigt dieselbe Asymmetrie wie die ganze Extremität, das Crus dagegen die umgekehrte [Arnold (1845), Fröhlich (1887), Matiegka (1893), Hasse u. Dehner (1893), Garson (1899), Mollison (1908), Busmüller, Romich (1927), Martin (1928)].

Die hier dargestellte Auffassung der Asymmetrien in den Längen der unteren Extremitäten bei Kindern und Erwachsenen gewinnt man bei einem kritischen Studium der Literatur. Die Angaben gehen indes ziemlich stark auseinander. Die Ursachen hiervon dürften dieselben sein wie die, welche ich für die Arme angeführt habe (siehe S. 250). Bei den unteren Extremitäten kommt jedoch eine bedeutsame Fehlerquelle hinzu. Es ist nämlich schwierig, die Beinlänge bei lebenden Individuen zu bestimmen, da es keine genügend exakt palpablen Endpunkte für den gesuchten Abstand gibt. Gewöhnlich wurde einer der folgenden Abstände gemessen:

1. Der rechtwinklige Abstand zwischen der Spina ilica ventr. und dem Boden.

2. Der Abstand zwischen der Spina ilica ventr. und der Spitze des Malleolus tibialis.

3. Der rechtwinklige Abstand zwischen der Spitze des Trochanter major und dem Boden.

4. Der Abstand zwischen der Spitze des Trochanter major und der Spitze des Malleolus fibularis.

Die Asymmetrien des Beckens beeinflussen die Abstände, die man nach den beiden ersten Methoden erhält. Diese Fehlerquelle ist indes so unbedeutend, dass ihr keine entscheidende Rolle zugeschrieben werden kann.

Der Umfang der unteren Extremitäten.

Der Umfang des linken Unterschenkels ist meist grösser als der des rechten. Der Unterschied beträgt ca. 0,5 cm [Godin (1910), Martin (1928), Romich (1927 und 1933)]. Die Angaben über den Umfang der Oberschenkel schwanken. Romich (1927) behauptet, dass bei Erwachsenen der linke Oberschenkel länger und dünner, der rechte kürzer und dicker sei, während es sich bei den Unterschenkeln umgekehrt verhalte.

Das Gewicht der unteren Extremitäten.

Der Gewichtsunterschied zwischen den unteren Extremitäten ist nur Gegenstand kleiner und ziemlich unvollständiger Untersuchungen gewesen. Die Differenzen erscheinen unbedeutend und bisweilen unsicher. Die meisten Autoren behaupten, dass sowohl die unteren Extremitäten in ihrer Gesamtheit als auch ihr Skelett und ihre Muskulatur auf der linken Seite schwerer sind [Bischoff (1863), Manouvrier (1882), Theile (1884), Weber (1904), Haglund (1916), Romich (1927 und 1933)]. Hyrtl (1882) glaubt festgestellt zu haben, dass bei Neugeborenen das rechte Bein schwerer ist als das linke.

Die Kraft der unteren Extremitäten.

Die Kraft der Beine ist wiederholt in der Literatur behandelt worden. Genaue, direkte Bestimmungsmethoden fehlen, weshalb alle bisherigen Angaben mit grosser Vorsicht aufzunehmen sind. Frühere Autoren haben angenommen, dass das rechte Bein stärker sei als das linke [Isenflamm (1800), Pitres (1882), v. Biervliet (1899)]. Die entgegengesetzte Ansicht wird unter anderen vertreten von Arnold (1845), Guldberg (1897), Gaupp (1909), Pintner (1918), Abderhalden (1919), Kahn (1925) und Romich (1927)]. Als Beweis für die Richtigkeit der letztgenannten Auffassung wird angeführt, dass ein Mensch, der beim Gehen keinen Richtungspunkt hat, gewöhnlich die Tendenz hat, nach rechts abzuweichen [Guldberg (1897), Pintner (1918) und Kahn (1925)]. Dies soll teilweise darauf beruhen, dass die Kraft des linken Beines grösser ist als die des rechten.

Eine annehmbare ätiologische Erklärung für die Asymmetrien der unteren Extremitäten und ihre Veränderung mit zunehmendem Alter ist bisher nicht gegeben worden. Ohne Argumente oder mit offenbar unrichtigen hat man behauptet, dass der Unterschied auf einer verschiedenen »immanenten Wachstumskraft» der beiden Extremitäten beruhe, eine »Reminiszenz» von der Zeit sei, als der Mensch auf allen vieren ging, usw.

Es gibt auch keine zuverlässigen Untersuchungen über einen eventuellen Zusammenhang der Beinasymmetrien mit der Händigkeit. Individuen mit einer Skoliose von speziellem Typus, der fast nur bei Rechtsern vorkommt, haben als Kinder gewöhnlich ein längeres rechtes als linkes Bein, während sie als Erwachsene die umgekehrte Asymmetrie aufweisen. Hierin liegt ein Hinweis, dass möglicherweise ein solcher Zusammenhang besteht.

Um diese Fragen etwas zu klären, habe ich gewisse Untersuchungen vorgenommen, über die ich in den folgenden Kapiteln berichte. In diesem will ich bloss die Resultate gewisser Messungen von Extremitätenknochen Neugeborener und Erwachsener mitteilen.

Eigene Untersuchungen.

Materialbeschreibung.

Zusammensetzung des Materials.

Das Untersuchungsmaterial besteht aus zwei Gruppen.

1. 1917 Extremitätenknochen von Erwachsenen, wahrscheinlich schwedischen Männern (Bauern), welche in einer Schlacht auf Gotland im J. 1361 fielen. Diese Skelette haben bis etwa 1930 in der Erde gelegen und werden jetzt im Anatomischen Institut in Uppsala aufbewahrt. Die Zusammensetzung des Materials ist folgende:

	Rechts	Links
Humerus	261	218
Radius	202	173
Femur	266	299
Tibia	250	248

2. 71 Leichen von Föten, die meisten ausgetragen, aber ein kleinerer Teil im 9. und 10. Fötalmonat. Diese wurden in den Jahren 1938—1943 aus der Geburtsklinik der Universität Uppsala erhalten.

Bearbeitung des Materials.

Die Messung der langen Röhrenknochen der ersten Materialgruppe erfolgte mit Hilfe eines Messbretts. Mit der von MARTIN (1928) angegebenen Technik wurden an sämtlichen Knochen folgende Masse bestimmt:

1. Grösste Länge des Humerus.
2. Grösste Länge des Radius.
3. Ganze Länge des Femur in natürlicher Stellung.
4. Ganze Länge der Tibia.

Die Masse sind auf 0,5 mm genau angegeben. Jeder Knochen wurde dreimal gemessen, immer von demselben Untersucher und mit demselben Instrument. Der Mittelwert der erhaltenen Resultaten wurde notiert. Die erhaltenen Werte dürften deshalb als zuverlässig zu betrachten sein. Bei der statistischen Bearbeitung wurden die linksseitigen und die rechtsseitigen Knochen je für sich behandelt. Auf diese Weise wurde bei jedem Knochen ein Wert für die rechte und einer für die linke Seite erhalten. Alle beschädigten Knochen sowie die, welche pathologische Veränderungen aufwiesen, wurden ausgeschieden. Nur Knochen mit geschlossenen Epiphysengrenzen wurden bearbeitet.

Die Föten wurden während längerer Zeit vor der Bearbeitung in 40 %igem Alkohol aufbewahrt. Bei jedem von ihnen wurden Humerus, Ulna, Femur und Tibia vorsichtig freipräpariert. Dies geschah so rasch wie möglich, um Vertrocknen zu verhüten. Die Länge der Knochen wurde in feuchtem Zustand mit ansitzendem Gelenkknorpel bestimmt. Die Messungen erfolgten mit Hilfe eines Gleitzirkels, der mit einer Nunienskala versehen war. Die Abstände wurden auf 0,1 mm genau bestimmt. Dies geschah bei jedem Knochen dreimal. Der Mittelwert der erhaltenen Resultate wurde notiert. Folgende Abstände wurden mit der von MARTIN (1928) angegebenen Technik bestimmt:

1. Grösste Länge des Humerus.
2. Grösste Länge der Ulna.
3. Grösste Länge des Femur.
4. Grösste Länge der Tibia.

Die statistische Bearbeitung des Materials geschah in entsprechender Weise wie bei den Knochen Erwachsener. Ausserdem untersuchte ich, in welchem Umfang Längenunterschiede zwischen den Knochen der rechten und linken Seite bestanden (siehe unten).

Mängel der Materialgruppen und der Untersuchungsmethoden.

Das Skelettmaterial der Erwachsenen ist keine vollständige Sammlung von Knochen einer kleineren Anzahl Individuen. Es stammt von den Skeletten von ca. 1,800 Personen. Viele der langen Röhrenknochen sind, während sie in der Erde lagen, beschädigt worden, weshalb die Anzahl messbarer Extremitätenknochen relativ gering ist. Ein Teil der Individuen hat ausserdem vor dem Tode Verletzungen erlitten (durch Schwert- oder Axthiebe u. dgl.), wobei die Extremitätenknochen nicht selten frakturiert wurden. Die Beisetzung der Leichen erfolgte in Massengräbern. Deshalb war es nicht möglich, die Knochen zusammenzufügen, die von demselben Individuum stammen.

Das Fötenmaterial ist unter anderm mit folgenden Mängeln behaftet:

1. Die Föten haben nicht denselben Entwicklungsgrad erreicht, weshalb die Körperlänge wechselt.

2. Die Zeit zwischen dem Tode des Fötus und seiner Einlegung in die Aufbewahrungsflüssigkeit war verschieden. Dies kann möglicherweise gelegentlich eine gewisse Vertrocknung der distalen Teile der Extremitäten zur Folge gehabt haben.

3. Die Gewebe sind in der Fixierungsflüssigkeit geschrumpft.

4. Die Extremitäten waren während des Partus und auf dem Transport zwecks Fixierung einem mehr oder weniger starken Druck ausgesetzt. Hierdurch können in vereinzelten Fällen bleibende Biegungen der langen Röhrenknochen der Extremitäten entstanden sein.

Die erstgenannte Fehlerquelle kann die Ergebnisse nur insofern beeinflusst haben, als nichtausgetragene Föten vermutlich geringere Asymmetrien aufweisen als reife. Da die ersteren nur einen relativ geringen Teil des Materials ausmachen, dürfte dieser Mangel keine nennenswerte Rolle spielen.

Die Schrumpfungen beim Vertrocknen und Fixieren der Gewebe dürften bei den entsprechenden Knochen der rechten und linken Seite relativ gleich gross sein. Dies bedeutet, dass die Schrumpfung eine absolute Verringerung der Grösse der eventuellen Asymmetrien herbeigeführt hat.

Die Messtechnik machte nach einiger Übung keine grösseren Schwierigkeiten. Die Unterschiede zwischen den Messungsergebnissen bei denselben Knochen betrugen nicht mehr als 0,3 mm. Da die Messung dreimal erfolgte und der Mittelwert der verschiedenen Resultate berechnet wurde, dürften die erhaltenen Werte ziemlich exakt sein.

Die hier angeführten Fehlerquellen sind nicht bedeutungslos, dürften aber andererseits nicht von solcher Grössenordnung sein, dass sie den Wert der Untersuchungsergebnisse in höherem Grade herabsetzen könnten.

Untersuchungsresultate.

Die Ergebnisse der Messungen der langen Röhrenknochen erwachsener Männer sind aus Tab. 12 ersichtlich. Die Längenunterschiede zwischen den entsprechenden Knochen der rechten und linken Seite sind im Vergleich mit den gewöhnlichen Angaben in der Literatur gering. Trotz des verhältnismässig grossen Umfangs des Materials wurden deshalb keine statistisch gesicherten Differenzen erhalten. Jedoch findet sich ein angedeutetes Überwiegen für Humerus und Ra-

Tabelle 12. *Die Längen der Extremitätenknochen in mm angegeben.*

	Rechts	Links
Humerus.....	337,1 ± 1,0	336,8 ± 1,1
Radius.....	253,2 ± 0,9	251,9 ± 0,9
Femur.....	459,0 ± 1,5	460,3 ± 1,4
Tibia.....	337,6 ± 1,4	380,2 ± 1,4

dius auf der rechten Seite und für Femur und Tibia auf der linken, was mit den Befunden früherer Autoren übereinstimmt. Die Individuen, die zu dem Material gehören, dürften sich nicht in demselben Umfang wie der moderne Mensch mit einseitigen Bewegungen beschäftigt haben. Dies hat möglicherweise dazu beigetragen, dass die Unterschiede zwischen den Knochen der rechten und linken Seite klein sind.

Ich gebe keine Tabelle über die Mittelwerte der Längen der Extremitätenknochen des Fötenmaterials. Dieses ist nämlich so uneinheitlich (siehe oben), dass solche Angaben ohne Interesse sein dürften. Ein sichergestellter Unterschied zwischen den Knochen der rechten und linken Seite findet sich in diesem Material nicht. Tab. 13 gibt die An-

Tabelle 13. *Das Verhältnis zwischen den Längen der langen Extremitätenknochen auf der rechten und linken Seite in Fötusmaterial (Asymmetrien auf ≧ 0,1 mm registriert).*

	Anz. Fälle	Symmetrische Fälle %	Rechts länger %	Links länger %
Humerus	66	45,5	19,7	34,8
Ulna	64	39,9	35,9	28,1
Femur	69	43,5	29,0	27,5
Tibia	68	38,2	26,5	35,3

zahl Föten an, welche Symmetrie bzw. Asymmetrie in der Länge der Extremitätenknochen aufweisen. Asymmetrien bis hinab auf 0,1 mm wurden notiert, obgleich diese sicher innerhalb der Fehlergrenzen der Untersuchungsmethode liegen. Aus der Tabelle geht hervor, dass bei Neugeborenen keine gesetzmässige Asymmetrie bestehen dürfte, was dagegen bei Schulkindern und Erwachsenen der Fall ist. (Statistisch gesicherte Unterschiede sind nicht vorhanden.) Asymmetrien von $> 0,5$ mm liegen möglicherweise ausserhalb der Fehlergrenzen der Methode. Betrachtet man nur die Fälle, die einen so grossen Unterschied zwischen der rechten und der linken Seite zeigen, als asymmetrisch, so bekommt man Tab. 14. Auch diese lässt keine Andeutung gesetzmässiger Asymmetrien erkennen.

Tabelle 14. *Das Verhältnis zwischen den Längen der langen Extremitätenknochen auf der rechten und linken Seite in Fötusmaterial (Asymmetrien auf > 0,5 mm registriert).*

	Anz. Fälle	Symmetrische Fälle %	Rechts länger %	Links länger %
Humerus	66	86,4	4,5	9,1
Ulna	64	79,7	9,4	10,9
Femur	69	82,6	5,8	11,6
Tibia	68	85,3	8,8	5,9

Diese Untersuchungen an Föten dürften es wahrscheinlich machen, dass keine gesetzmässige Asymmetrie in der Länge der Extremitäten bei Neugeborenen besteht.

Wie oben bemerkt, gibt es keine annehmbaren Erklärungen für die Asymmetrien der unteren Extremitäten und für die Umkehrung derselben um die Zeit der Pubertät. Durch Literaturstudium und eigene Untersuchungen bin ich zu einer eigenen hypothetischen Auffassung dieser Verhältnisse gelangt. Ich setze die Theorie bereits an dieser Stelle der Arbeit auseinander, weil sie von grundsätzlicher Bedeutung für die Darstellung der folgenden Kapitel ist. In diesen wird die Theorie im Lichte der dort mitgeteilten Untersuchungsresultate erörtert werden.

Ich denke mir die Entwicklung der Asymmetrien der unteren Extremitäten bei einem Rechtser folgendermassen (bei einem Linkser gilt Entsprechendes unter Vertauschung der rechten und linken Seite): Zur Zeit der Geburt bestehen keine oder bloss unbedeutende Unterschiede zwischen der rechten und linken Seite. Schon ehe das Kind ein Jahr alt ist, beginnt die Händigkeit hervorzutreten. Im Zusammenhang hiermit oder unbedeutend später tritt auch die Beinigkeit auf (siehe Kap. III). In den ersten Lebensjahren, in denen das Kind die unteren Extremitäten nur während kurzer Zeiträume belastet, gebraucht es das rechte Bein mehr als das linke, vor allem wenn es neue oder schwerere Bewegungen machen will [Stier (1911), Haglund (1916), Gutzmann u. a.]. Diese grössere Aktivität der rechten Seite hat zur Folge, dass das linke Bein langsamer wächst als das rechte. Allmählich, wenn das Kind einen grossen Teil seiner Zeit im Stehen verbringt, wird das linke Bein als Standbein benutzt. Dies beruht teils darauf, dass es am zweckmässigsten ist, sich auf das kürzere Bein zu stützen [Romich (1927)], teils darauf, dass hierdurch das rechte Bein zur Ausführung schwererer Bewegungen frei wird, wie Treten u. dgl. [Dass das linke Bein als Standbein fungiert, wird von Arnold (1845), Gaupp (1909), Haglund (1916) und Sieben (1922) behauptet, dagegen von Isenflamm (1800) und teilweise von Romich (1927) bestritten.] Hierdurch wird das linke Bein stärker belastet, woraus es sich erklärt, dass es eine kräftigere Muskulatur bekommt als das rechte. Dies kann eventuell eine der Ursachen sein, dass der linke Fuss bei Kindern bedeutend häufiger Insuffizienz zeigt als der rechte [Haglund (1916) und Romich (1927)]. Durch die mit den Jahren immer mehr zunehmende Belastung der unteren Extremitäten erhält also das linke Bein eine grössere Funktion als das rechte, obgleich das Individuum rechtsbeinig bleibt. Hierdurch wird auch das Wachstum stärker stimuliert. Die Folge ist, dass das linke Bein erst ebenso lang wird wie das rechte und dann um die Zeit der Pubertät dieses an Länge übertrifft.

Auf diese Weise entsteht der definitive Asymmetriezustand, den man gewöhnlich gekreuzte Asymmetrie nennt. Dies bedeutet schematisch,

dass bei Rechtsern der rechte Arm und das linke Bein, bei Linksern der linke Arm und das rechte Bein länger, dicker, schwerer und stärker sind. Dass dieser Zustand bei Erwachsenen besteht, haben folgende Forscher hervorgehoben: Bischoff (1863), Theile (1884), Merkel (1903), Weber (1904), Gegenbauer (1909), Gaupp (1909), Godin (1910), Romich (1927), Ludwig (1932) u. a. Vom funktionellen Gesichtspunkt wird dieser Zustand als zweckmässig angesehen. Gekreuztes Überwiegen der Extremitäten gewährleistet nämlich einen besseren statischen Zustand als halbseitiges.

In Kap. III wurde dargelegt, dass es eine Menge Übergangsformen zwischen extremen Linksern und extremen Rechtsern gibt. Ferner habe ich darauf hingewiesen, dass die Linkser die Neigung haben, mit den Jahren immer mehr Bewegungen mit der rechten Hand auszuführen. Die Individuen, welche sozusagen zur Rechtshändigkeit hintreiben, dürften vom statischen Gesichtspunkt Übergangsformen zwischen den hier beschriebenen beiden extremen Typen darstellen. Wie gross die relative Anzahl der Übergangsformen ist, lässt sich nicht mit Bestimmtheit angeben. Vermutlich sind sie ziemlich selten bei kleinen Kindern und Erwachsenen, dagegen häufiger im Schulalter bis zur Pubertät (siehe Kap. V, VI, VII und VIII).

Natürlich können viele Faktoren zur Entstehung der gekreuzten Asymmetrie zusammenwirken. Auf Grund des oben Gesagten halte ich es nicht für unwahrscheinlich, dass die Händigkeit eine der Ursachen ist. Weitere Belege für diese Auffassung werde ich im folgenden Kapitel beibringen.

Zusammenfassung.

Die Untersuchungsergebnisse dieses Kapitels lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

1. Eine Sammlung langer Extremitätenknochen (1917 Stück) erwachsener Männer eines aus dem Mittelalter stammenden schwedischen Skelettmaterials deutet darauf hin, dass der rechte Arm länger als der linke und das linke Bein länger als das rechte war. Die Asymmetrien der Knochen sind weniger ausgeprägt, als es gewöhnlich in der Literatur angegeben wird.

2. Bei einem Material von neugeborenen Kindern und Föten in den beiden letzten Fötalmonaten (71 Stück) konnten keine Zeichen gesetzmässiger Asymmetrien in der Länge der Extremitätenknochen festgestellt werden.

3. Es wird eine Theorie dargelegt, welche grundsätzlich besagt, dass die funktionellen Verhältnisse der Extremitäten der rechten und linken Seite die Ursache der morphologischen Extremitätenasymmetrien sind.

Kap. V.

Der Zusammenhang zwischen der Händigkeit und den funktionellen Verhältnissen der Extremitätengelenke.

Fragestellungen. Literaturübersicht.

In Kap. IV habe ich eine Theorie entwickelt, welche grundsätzlich besagt, dass die Händigkeit ungleiche funktionelle Verhältnisse für die Extremitäten der rechten und linken Seite zur Folge hat. Diese ihrerseits rufen morphologische Asymmetrien der Glieder hervor. Ich halte es auch für wahrscheinlich, dass die erwähnten Unterschiede zwischen der rechten und linken Seite Einfluss auf die Statik des ganzen Körpers und auf viele Erscheinungen haben, welche von dieser abhängig sind.

Da die genannte Theorie grosse Bedeutung für diese zentralen Fragen hat, ist es von Wichtigkeit, ihre Richtigkeit zu prüfen. Um dies tun zu können, musste ich mir eine Methode verschaffen, mit der ich die funktionellen Verhältnisse der Extremitäten beurteilen konnte. Für diesen Zweck wählte ich das Auftreten und die Entwicklung verschiedener Gelenkkrankheiten in den Extremitätengelenken. Manche Autoren sind nämlich der Ansicht, dass ein Gelenk um so leichter von Arthrosis deformans, Polyarthritis rheumatica acuta und Polyarthritis rheumatica chronica befallen wird, je grösser seine Beanspruchung ist. Dies soll darauf beruhen, dass ein Gelenk durch grössere funktionelle Beanspruchung stärker abgenutzt und gleichzeitig einer grösseren Anzahl kleiner Traumata (Mikrotraumata) ausgesetzt wird.

Kann ich einen Zusammenhang zwischen der Verteilung der Gelenkaffektionen und der Extremitätenfunktion konstatieren, wie ich sie in meiner Theorie dargestellt habe, so glaube ich eine gute, wenn auch indirekte Stütze für diese erbracht zu haben.

Die Bedeutung der Funktion und der Traumata für die Entstehung und Entwicklung der Gelenkaffektionen.

Arthrosis deformans (*Arthr. def.*).

Man hat in der Literatur darauf hingewiesen, dass die Veränderungen, welche nach wiederholten Mikrotraumata auftreten, pathologisch-anatomisch stark an diejenigen erinnern, welche bei einzelnen grösseren Traumata ohne nachfolgende Fraktur oder Luxation entstehen [Weichselbaum (1877), Wollenberg (1909), Freund (1929), Doub (1933) u. a.].

Diese Formen von Gelenkverletzungen können beide Arthr. def. aus-

lösen. Wiederholte Mikrotraumata rufen sogar Berufskrankheiten hervor, indem Arbeiter, welche kräftige einseitige Bewegungen in einem bestimmten Gelenk machen, nicht selten Arthr. def. in diesem aufweisen. Entsprechende Veränderungen findet man in den Armgelenken derjenigen, die bei ihrer Arbeit mit Pressluft getriebene Werkzeuge benutzen [Weichselbaum (1877), Thiem (1898), Wollenberg (1909), Schepelmann (1915), Freund (1929), Starcke (1930), v. Surg, Osgood (1930), Burckhardt (1932), Fox (1932), Alder (1933), Cotton (1933), Doub (1933), Melchior (1933), Klinge (1934), Hench (1935) u. a.].

Viele Autoren behaupten, dass Arthr. def. hauptsächlich in den Gelenken auftritt, welche am stärksten fungieren [Thiem (1898), Damsch-Rosenbach (1901), Stempel (1901), Pribram (1902), Hoffa (1903), Wollenberg (1909), Beitzke (1911), Schepelmann (1915), Ledderhose u. Umber (1922 u. 1929), Burckhardt (1924), Baetzner (1929), Osgood (1930), Starcke (1930), Fischer (1932), Tempelaar u. Breemen (1932), Alder (1933), Cotton (1933), Melchior (1933), Teleky (1934), Hench u. a. (1935), Saxl (1935), Fortescue Fox (1936) u. a.]. Kein moderner Forscher hat, soweit ich feststellen konnte, dies bestritten, weshalb kein Grund vorliegen dürfte, die Richtigkeit dieser Ansicht zu bezweifeln.

Bei oberflächlicher Betrachtung könnte es deshalb scheinen, als sei Arthr. def. ein ideales Studienobjekt für meinen Zweck. Dies ist jedoch nicht der Fall. In den Armen findet man nämlich Arthr. def., ausgelöst durch Hyperfunktion, hauptsächlich als Berufskrankheit [Hench u. a. (1935)]. Die Gelenke der unteren Extremitäten werden von Arthr. def. unter entsprechenden Verhältnissen fast ausschliesslich bei erwachsenen, gewöhnlich älteren Individuen befallen. Diese Gelenkveränderungen beruhen wahrscheinlich zum grössten Teil auf Überanstrengung infolge Einwirkung des Körpergewichts [Fischer (1932), Fortescue Fox (1936), Hennes (1937) u. a.].

Wenn die normale Statik schon vor dem Auftreten der Krankheit gestört war, oder wenn die ätiologischen Momente wahrscheinlich nicht auf den statischen Verhältnissen beruhten, so können die Fälle nicht in eine Bearbeitung von Arthr. def. für diese Fragestellung aufgenommen werden. Dies gilt auch, wenn die krankhaften Veränderungen sehr selten sind, weil man dann kein genügend grosses Material erhält, um die gewonnenen Resultate statistisch sicherstellen zu können.

Um den Zusammenhang zwischen der Händigkeit und den Extremitätenasymmetrien zu studieren, kann ich also die Krankheit nur benutzen, wenn sie die unteren Extremitäten Erwachsener betrifft.

Wenn man ein Patientenmaterial für diese Untersuchung mustert, muss man berücksichtigen, dass es viele mehr oder weniger direkte Ursachen von Arthr. def. gibt, wie z. B. Konstitution, Osteochondritis dissecans, endokrine Störungen, Stoffwechselstörungen, Arteriosklerose,

Infektion, unrichtige Belastungsverhältnisse, primäre Gelenkdeformitäten, Knochenerkrankungen, Alkaptonurie. Alle Fälle, in denen diese Faktoren denkbarerweise eine Rolle für eine asymmetrische Gelenkaffektion gespielt haben können, müssen von der Bearbeitung ausgeschlossen werden.

Ich sehe von einem näheren Eingehen auf die Ätiologie der Krankheit ab und übergehe gänzlich ihre Pathogenese, pathologische Anatomie, Symptomatologie, Therapie und Prognose. Diese Verhältnisse dürften nämlich in diesem Zusammenhang keine Bedeutung haben.

Polyarthritis rheumatica acuta (*Pol. rh. ac.*).

Bereits vor über 100 Jahren hat man, wenn auch mit sehr schwachen Gründen, Pol. rh. ac. mit einmaligen Traumata in Zusammenhang gebracht [Hoffman, Sydenham (1795), Brugière (1817), Villeneuve (1820), Sendamore (1820)]. Diese Auffassung hat mit der Zeit immer mehr an Boden gewonnen, und jetzt nehmen die meisten Forscher auf diesem Gebiet an, dass Pol. rh. ac. durch Trauma ausgelöst werden kann [Charcot (1876), Verneuil (1876), Barbé (1885), Schaper (1888), Seitz (1899), Thiem (1902), Kühne (1903), Boseck (1904), Ibrahim (1906), Julliard (1906), Wollenberg (1909), Deveau (1912), Uter (1912), Weintraud (1913), Prochazka (1915), Schepelmann (1915), Zaglow (1924), Schmidt u. Weisz (1928), Freund (1929), Engström (1930), Kahlmeter (1930), Alder (1933), Klinge (1934), Schottmüller (1934), Gerbaut u. Andermann (1934), Hench u. a. (1935), d. Munter u. Ory (1936), v. Koch (1937), Ory (1938—39), Ask-Upmark (1943) u. a.]. Jedoch gibt es Autoren, welche der ätiologischen Bedeutung des Traumas noch immer skeptisch gegenüberstehen [Troell (1930), Westergren (1930), Fischer (1932), Cotton (1933)]. Indes hat man keine wirklich beweiskräftigen Gründe für einen solchen Standpunkt vorbringen können.

Mit zunehmender Kenntnis der Pol. rh. ac. ist ihr Zusammenhang mit Trauma in verschiedener Weise betrachtet worden. Jetzt ist man gewöhnlich der Ansicht, dass die Verletzung einen Locus minoris resistentiae schafft, in dem sich die Bakterien festsetzen. Man hat auch behauptet, dass eine Allergisierung des Organismus eintritt, wenn das traumatisierte Gewebe abstirbt. Für unsere Fragestellung spielt es keine grössere Rolle, welche dieser Erklärungen die richtige ist. Ich gehe deshalb nicht näher auf sie ein.

Viele Forscher haben gewisse Forderungen dafür aufgestellt, dass man im Einzelfall Pol. rh. ac. in Kausalzusammenhang mit einem einmaligen Trauma bringen darf. Diese Forderungen sind kurz folgende:

1. Die Krankheit muss zuerst das verletzte Gelenk befallen.
2. Zwischen dem Trauma und dem Auftreten der Krankheit darf nur ein kürzerer Zeitraum liegen.

3. Das traumatisierte Gelenk darf in der Zwischenzeit nicht ganz symptomfrei geworden sein. [Thiem (1902), Kühne (1903), Julliard (1906), Prochazka (1915), Engström (1930), Kahlmeter (1930) u. a.]

Man hat eine sehr grosse Anzahl Fälle veröffentlicht, in denen ein sicherer Kausalzusammenhang zwischen dem Trauma und dem akuten Gelenkrheumatismus nachgewiesen werden konnte. Ich halte es deshalb praktisch für bewiesen, dass ein einmaliges Trauma akuten Gelenkrheumatismus auslösen kann.

Die Bedeutung der Mikrotraumata und damit auch der physiologischen Funktion für die Entstehung und Entwicklung von Pol. rh. ac. ist nicht eingehender untersucht worden. Mehrere Autoren behaupten, dass Personen mit schwerer körperlicher Arbeit häufiger von der Krankheit befallen werden als solche, die bei ihrer Arbeit stillsitzen [Whipham (1888), Damsch-Rosenbach (1901), Freund (1929), Coates u. Delicati (1932), Klinge (1934), Teleky (1934) u. a.]. Der Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen liegt indes nicht nur in verschiedener Traumatisierung der Gelenke. Auch in vielen anderen Beziehungen, wie Lebenshaltung, Arbeitsräume, klimatische Verhältnisse, Infektionsgefahr usw., bestehen Verschiedenheiten. Diese Untersuchungen beweisen deshalb meiner Ansicht nach nicht, dass gerade Mikrotraumata die Ursache der grösseren Frequenz der Krankheit in der erstgenannten Gruppe waren. Grössere Bedeutung scheinen mir folgende Beobachtungen zu haben:

1. Personen, welche gewisse Gelenke besonders viel gebrauchen, bekommen in diesen häufiger Pol. rh. ac. als in andern Gelenken.

2. Die unteren Extremitäten, die das ganze Körpergewicht zu tragen haben, werden häufiger von der Krankheit befallen als die oberen. Thiis (1909), welcher 288 Fälle von Pol. rh. ac. bei Kindern und Erwachsenen untersucht hat, gibt z. B. an, dass die Gelenke der Beine in 63,7 % zuerst betroffen wurden. Die entsprechende Ziffer ist nach Chazrewin (1910) (624 Fälle) 71,9 %, nach Schaper (1888) (421 Fälle) 76 % und nach Gerhardt (1886) (175 Fälle) 73,5 %.

3. Die Gelenkaffektionen sind möglicherweise in den Gelenken, welche unter normalen Verhältnissen stark fungieren, etwas häufiger als in den weniger angestrengten (siehe Tab. 15).

In dieselbe Richtung weist eine Untersuchung von Karlström (1940) an 251 Kindern zwischen 2 und 15 Jahren, welche an Pol. rh. ac. litten. Er fand, dass sich die Gelenkerscheinungen in der aus Tab. 16 ersichtlichen Weise verteilten. (Wenn mehrere Fingerglieder derselben Hand angegriffen waren, wurde dies als ein Glied notiert. Waren Fingerglieder beider Hände von der Krankheit befallen, so wurde dies als zwei Gelenke gerechnet.)

Die Bedeutung der Funktion für die Entstehung und Lokalisation von Pol. rh. ac. ist behandelt worden von Friedländer (1886), Ger-

Tabelle 15. *Polyarthritis rheumat. ac. Verteilung der Gelenkaffektionen auf die verschiedenen Extremitätengelenke nach* Thiis (*1909*) *u.* Edström (*1935*).

	Thiis (1909) (288 Fälle)	Edström (1935) (850 Fälle)
	Proz. sämtlicher Fälle	
Kniegelenke	84	79
Fussgelenke (und Tarsalgelenke)	74	70
Handgelenke(» Karpalgelenke)	48	50
Schultergelenke	46	44
Ellenbogengelenke	45	45
Fingergelenke	39	31
Hüftgelenke	37	21
Zehengelenke	16	24

Tabelle 16. *Polyarthritis rheumat. ac. Verteilung der Gelenkaffektionen auf die verschiedenen Extremitätengelenke bei Kindern im Alter zwischen 2 u. 15 Jahren nach* Karlström (*1940*), *251 Fälle.*

	Proz. sämtlicher Fälle
Fussgelenke	95
Kniegelenke	91
Handgelenke	41
Hüftgelenke	25
Ellenbogengelenke	23
Fingergelenke	12
Schultergelenke	12
Zehengelenke	9

hardt (1886), Schaper (1888), Stoll (1891), Buss (1895), Lenhartz (1896), Damsch u. Rosenbach (1901), Ibrahim (1906), Thiis (1909), Chazrewin (1910), Jochmann (1911), Weintraud (1913), Freund (1929), Alder (1933), Edström (1935), Coste (1937) u. a.

Die meisten dieser Forscher sind der Ansicht, dass ein Gelenk um so früher und häufiger von Pol. rh. ac. angegriffen wird, je stärker es arbeitet. Bindende Beweise für diese Auffassung sind indes nicht vorgebracht worden.

Polyarthritis rheumatica chronica (*Pol. rh. chron.*).

Dem eventuellen Kausalzusammenhang zwischen einmaligem Trauma und Pol. rh. chron. hat man nur geringe Aufmerksamkeit zugewandt. In der Literatur findet man vereinzelte unsichere Angaben, wonach ein solcher bestehen soll [Verneuil (1876), Alder (1933), Weissenbach (1936)].

Die Bedeutung wiederholter Mikrotraumata und der Funktion für die Entstehung und Entwicklung der Krankheit wird etwas häufiger hervorgehoben [Verneuil (1876), Schepelmann (1915), Zaglow (1924),

Freund (1929), Doub (1933), d. Munther u. Ory (1934), Hench (1935), Holmdahl (1942) u. a.].

Diese Behauptungen erscheinen indes schwach begründet, weshalb sie mit grosser Vorsicht aufzunehmen sind.

Kein Forscher hat meines Wissens gründlich zu ermitteln gesucht, ob ein positiver Zusammenhang zwischen den funktionellen Verhältnissen der Gelenke sowie der Entstehung und Entwicklung der Krankheitserscheinungen bei Pol. rh. ac. und Pol. rh. chron. besteht.

Nach Durchsicht der Literatur wage ich zu behaupten, dass der genannte Zusammenhang existiert: mit grösster Wahrscheinlichkeit bei Arthr. def., vermutlich bei Pol. rh. ac. und möglicherweise bei Pol. rh. chron.

Das Verhältnis zwischen der Händigkeit bzw. den physiologischen Extremitätenasymmetrien und der Verteilung der genannten drei Krankheiten auf die verschiedenen Gelenke ist, soweit ich feststellen konnte, nicht näher untersucht worden.

Um eventuell die Annahmen meiner oben aufgestellten Theorie verifizieren zu können (siehe Kap. IV), habe ich mir folgende Aufgaben gestellt:

1) weitere Beweise für den Zusammenhang zwischen den funktionellen Verhältnissen der Gelenke und den Gelenkveränderungen bei den rheumatischen Polyarthriten zu erbringen;

2) die Bedeutung der Händigkeit bzw. Beinigkeit für die Entstehung und Entwicklung der Gelenkaffektionen nachzuweisen.

Gelingt dies, so glaube ich mich in den Stand gesetzt, den eventuellen Kausalzusammenhang zwischen der Händigkeit und den Extremitätenasymmetrien zu prüfen.

Eigene Untersuchungen.

Materialbeschreibung.

Zusammensetzung des Materials.

Das Untersuchungsmaterial bestand aus drei grossen Hauptgruppen.

1. Arthrosis deformans bei Erwachsenen.
2. Polyarthritis rheumatica chronica bei Erwachsenen.
3. Polyarthritis rheumatica acuta bei Kindern und bei Erwachsenen.

Dass ich drei verschiedene Materialgruppen wählte, hatte folgende Gründe:

a. Ich wünschte eine Bestätigung dafür zu erhalten, dass die Gelenkaffektionen bei Pol. rh. ac. und Pol. rh. chron. auf den funktionellen Verhältnissen der Gelenke beruhen. Deshalb verglich ich die Entstehung und Verteilung der Gelenkveränderungen in den drei Krankheitsgruppen.

b. Ich hatte nur Gelegenheit, Fälle von Arthr. def. und Pol. rh. chron. persönlich zu untersuchen. Da bloss Arthr. def. der unteren Extremitäten bearbeitet werden konnte (siehe oben), schien es mir wünschenswert, über ein persönlich untersuchtes Vergleichsmaterial von Pol. rh. chron. verfügen zu können, welche alle Extremitätengelenke angreift. Es ist von grösster Bedeutung für meine ganze Fragestellung, dass die Verhältnisse bei Kindern geklärt werden.

c. Arthr. def. und Pol. rh. chron. befallen indes nur verhältnismässig selten Kinder unter solchen Bedingungen, dass die Fälle in dieser Untersuchung bearbeitet werden können. Ich war deshalb gezwungen, mich bei Kindern an Pol. rh. ac. zu halten. Auch Erwachsene mit Pol. rh. ac. wurden herangezogen, um einen Vergleich mit Arthr. def. und Pol. rh. chron. anstellen zu können.

1. Arthrosis deformans.

In den Sommern 1940 und 1941 habe ich persönlich alle Fälle von Arthr. def. untersucht, die in der III. Preisklasse im Bad Sätra Brunn behandelt wurden. Im Jahre 1941 hatte Professor D. E. Holmdahl, dem meine Fragestellungen bekannt waren, die Freundlichkeit, eine entsprechende Untersuchung bei den Fällen der Krankheit vorzunehmen, die in der I. und II. Preisklasse behandelt wurden. Nur Patienten mit völlig sicherer Diagnose (gewonnen durch gewöhnliche klinische Untersuchung mit zugehörigen Laboratoriumsprüfungen und bisweilen Röntgenphotographie) wurden berücksichtigt. Jede Krankengeschichte wurde sehr genau durchgegangen, wobei Ausschluss aus dem Material in folgenden Fällen stattfand:

a. Wenn die Anamnese augenscheinliches Trauma, Infektion, primäre Gelenkdeformation, fehlerhafte statische Verhältnisse u. dgl. enthielt;

b. Wenn der Patient gleichzeitig an einer anderen Krankheit litt, die denkbarerweise die Verteilung der Gelenkaffektionen hätte beeinflussen können;

c. Wenn der Patient keine befriedigenden Angaben über den Verlauf der Krankheit machen konnte.

Die Reihenfolge des Auftretens der Gelenkerscheinungen wurde notiert. Bei der Untersuchung der Patienten richtete ich meine Aufmerksamkeit auf den Grad der Gelenkaffektionen in symmetrischen, angegriffenen Gelenken. Asymmetrien in dieser Beziehung wurden verzeichnet. In der in Kap. III beschriebenen Weise stellte ich fest, ob der Patient rechts- oder linkshändig war. Alle diese Angaben nebst Namen, Alter, Beruf, eventuellen anderen Krankheiten, Gewicht, Blutdruck und S. R. wurden in spezielle Registerkarten eingetragen. Auf diese Weise wurden 135 Fälle (48 Männer und 87 Frauen), die an deformierender Arthrose litten, untersucht. Die Altersverteilung ergibt sich aus Abb. 1.

2. Polyarthritis rheumatica chronica.

Dieses Material wurde in entsprechender Weise gewonnen, gemustert, untersucht und registriert wie das für Arthr. def. Obgleich Pol. rh. chron. ohne Zweifel verschiedene Krankheitszustände umfasst (primär- und sekundärchronische Polyarthritis, endokrine Störungen usw.), habe ich alle Fälle mit dieser Diagnose als eine einzige Gruppe behandelt. Dies bedeutet ein Unsicherheitsmoment bei der folgenden Bearbeitung, welches mir indes von untergeordneter Bedeutung erscheint, weil es

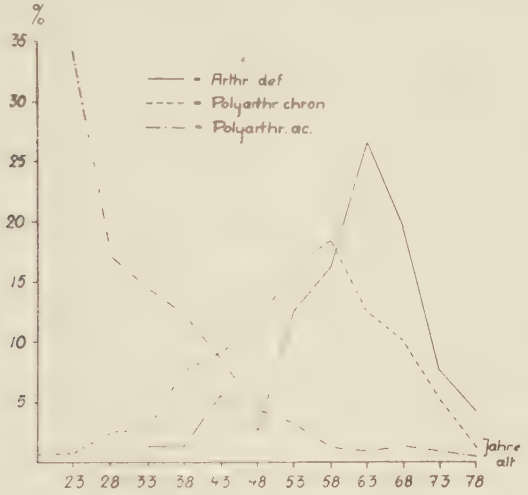


Abb. 1. Arthrosis deformans, Polyarthritis rheumat. chron. und Polyarthritis rheumat. ac. Altersverteilung des Materials.

sich hier nur darum handelt, den eventuellen Einfluss der Funktion auf die Gelenkveränderungen zu untersuchen.

Diese Gruppe umfasst 280 Fälle (60 Männer und 220 Frauen). Die Altersverteilung des Materials ist schematisch in Abb. 1 dargestellt.

3. Polyarthritis rheumatica acuta.

Dieses Material erhielt ich, indem ich die Krankengeschichten folgender Krankenanstalten studierte:

a. der Pädiatrischen Universitätsklinik in Uppsala (157 Fälle);

b. der Pädiatrischen Klinik »Kronprinsessan Lovisas vårdanstalt» in Stockholm (175 Fälle);

c. der Pädiatrischen und der Rheumatischen Universitätskliniken in Lund (282 Fälle);

d. der Medizinischen Abteilung des Kinderkrankenhauses in Gotenburg (392 Fälle);
e. der Pädiatrischen Klinik von Norrtulls Kinderkrankenhaus in Stockholm (105 Fälle);
f. des Flensburgschen Kinderkrankenhauses in Malmö (7 Fälle);
g. der Pädiatrischen Abteilung des Krankenhauses in Linköping (65 Fälle);
h. der Medizinischen Universitätsklinik in Uppsala (301 Fälle).

Die Ziffern hinter den Namen der Krankenhäuser bezeichnen die Anzahl erhaltener, brauchbarer Fälle (insgesamt 1484). Ich habe eine bedeutend grössere Anzahl Krankengeschichten durchgesehen, musste aber viele ausscheiden, weil ihre Angaben mangelhaft waren. Die Anforderungen in bezug auf statische Verhältnisse, Trauma usw. waren hier dieselben wie bei der Gruppe mit Arthr. def. Ausserdem sind in dieser Materialgruppe die Fälle von der Bearbeitung ausgeschlossen, in denen:

a) der Patient früher an Pol. rh. ac. gelitten hat;
b) das Journal keine Angabe über den Ort des Auftretens der ersten Gelenkaffektion enthält;
c) der Gelenkstatus bei der Aufnahme ins Krankenhaus nicht den Grad der objektiven Symptome in den wichtigsten Extremitätengelenken angibt.

Die Registrierung der Fälle erfolgte in entsprechender Weise wie bei den beiden vorhergehenden Materialgruppen. Die Alters- und Geschlechtsverteilung des Materials ist aus Tab. 17 ersichtlich.

Tabelle 17. *Polyarthritis rheumat. ac. Alters- und Geschlechtsverteilung im Material des Verfassers.*

Jahre alt	Anz. untersuchter Fälle	Anz. ♂ in Proz.
1 1/12—3	25	52,0
3 1/12—5	65	47,7
5 1/12—7	175	61,1
7 1/12—9	203	53,2
9 1/12—11	304	51,6
11 1/12—13	230	56,1
13 1/12—15	126	50,8
15 1/12—17	70	54,3
17 1/12—19	69	52,2
Erwachsene	217	54,4

Bearbeitung des Materials.

Bei der Bearbeitung der Materialgruppen habe ich die Begriffe Affektion »nach der Regel» und Affektion »gegen die Regel» eingeführt. Mit »nach der Regel» meine ich bei Rechtshändigen, dass eines der Gelenke des rechten Armes oder linken Beines zuerst erkrankt ist, bzw. dass

diese Gelenke bei der Untersuchung die stärkeren Veränderungen aufwiesen. Bei Linkshändigen bezeichnet »nach der Regel» entsprechende Verhältnisse am linken Arm und rechten Bein. »Gegen die Regel» bedeutet, dass ein Rechtshändiger wie ein der Regel folgender Linkshändiger bzw. ein Linkshändiger wie ein der Regel folgender Rechtshändiger reagiert. Die Fälle mit symmetrischen Krankheitszeichen bilden eine dritte Gruppe.

Der Übersichtlichkeit halber, und um ein hinreichend grosses Material bearbeiten zu können, habe ich die verschiedenen Extremitätengelenke bei der statistischen Bearbeitung folgendermassen zusammengefasst:

1. Schultergelenk (Articulus humeri).
2. Ellenbogengelenk (Articulus cubiti).
3. Handgelenk und die Gelenke der Hand (Articuli manus).
4. Hüftgelenk (Articulus coxae).
5. Kniegelenk (Articulus genus).
6. Fussgelenk und die Gelenke des Fusses (Articuli pedis).

Ob andere als die hier genannten Gelenke von den Krankheiten befallen waren, habe ich nicht berücksichtigt.

I. Bearbeitung der anamnestischen Angaben:

Diese erfolgte auf zwei verschiedene Arten, von denen die erste bei den Fällen mit Arthr. def. und Pol. rh. chron., die zweite bei Pol. rh. ac. zur Anwendung kam. Diese Einteilung wurde vorgenommen, weil es bei Arthr. def. und Pol. rh. chron. keine grösseren Schwierigkeiten machte, Angaben darüber zu erhalten, in welchem oder in welchen beiden Gelenken die Erscheinungen begonnen hatten. Dies dürfte teilweise darauf beruhen, dass Arthr. def. und Pol. rh. chron. nicht selten monartikulär beginnen, teils darauf, dass die Anamnese in diesen Fällen im Hinblick auf diese Fragestellungen aufgenommen worden ist. Pol. rh. ac. dagegen beginnt oft polyartikulär. Dieses Material stammt ausserdem von Krankengeschichten, welche von Ärzten geschrieben worden sind, die nicht daran dachten, dass diese von den hier behandelten Gesichtspunkten aus bearbeitet werden würden. Infolgedessen geben die Krankengeschichten oft nur an, in welcher Extremität die Beschwerden begonnen haben. Daher war bei Pol. rh. ac. keine so eingehende Bearbeitung der anamnestischen Angaben möglich wie bei Arthr. def. und Pol. rh. chron.

Bei Arthr. def. und Pol. rh. chron. habe ich registriert, in welchem bzw. in welchen zwei Gelenken die Symptome begannen. (Bei Fällen von Arthr. def. wurden bloss Gelenkveränderungen in den unteren Extremitäten bearbeitet.) Wenn ein Gelenk an beiden Armen bzw. beiden Beinen gleichzeitig affiziert war, wurde der Fall zu der symmetrischen Gruppe gerechnet. Dies geschah auch, wenn ein Gelenk primär am Arm und Bein derselben Seite erkrankt war. Fälle mit gleichzeitiger Affek-

tion von drei oder mehr Gelenken wurden zu einer Gruppe vereinigt, die bei der statistischen Bearbeitung nicht berücksichtigt wurde. Dies spielt keine grössere Rolle für die Untersuchungsresultate, da diese Gruppe ~ 5 % des gesamten Materials ausmacht. Rechts- und Linkshändige wurden je für sich bearbeitet. Auf diese Weise war es nicht schwer zu entscheiden, zu welcher der drei Gruppen (»Affektion nach der Regel», »Affektion gegen die Regel», »symmetrische Affektion») der einzelne Fall zu rechnen war.

In dem Material mit Pol. rh. ac. wurden die Gelenkerscheinungen der Arme gänzlich getrennt von denen der Beine bearbeitet. Die Gelenkaffektionen in jedem der Extremitätenpaare wurden zu einer der folgenden Gruppen gestellt:

1. »Keine Affektion»: die Extremitäten sind überhaupt nicht erkrankt oder später von der Krankheit befallen worden als das andere Extremitätenpaar.

2. »Affektion nach der Regel»: die Beschwerden haben bei Rechtshändigen primär den Arm der rechten Seite bzw. das Bein der linken angegriffen und umgekehrt bei Linkshändern. (Da das ganze Material bearbeitet wurde und ich nicht wusste, welche Fälle rechts- bzw. linkshändig waren, wurden alle als rechtshändig betrachtet.)

3. »Symmetrische Affektion»: auf jeder Seite wurde dieselbe Anzahl Gelenke der betreffenden Extremität primär von der Krankheit befallen. (Jedoch wurde keine Rücksicht darauf genommen, ob mehr oder weniger Gelenke der Hände oder Füsse angegriffen waren.)

4. »Affektion gegen die Regel»: die Gelenkaffektionen traten umgekehrt auf wie unter Punkt 2.

II. Die Bearbeitung der Angaben über den Status præsens:

Ich habe den Gelenkstatus bearbeitet, den die Patienten mit Arthr. def. und Pol. rh. chron. bei der ersten Untersuchung im Bad Sätra Brunn im J. 1940 oder 1941 aufwiesen. Jeder Fall wurde in seiner Gesamtheit beurteilt, wobei ich entschied, zu welcher der folgenden Gruppen er zu rechnen sei:

1. »Affektion nach der Regel.»
2. »Affektion gegen die Regel.»
3. »Affektion weder nach noch gegen die Regel.»

In erster Linie gab die Anzahl der Gelenkaffektionen, in zweiter ihr Grad den Ausschlag.

Die Bestimmungen erfolgten zweimal mit einem Zwischenraum, um willkürliche Beurteilung auszuschliessen.

Bei der Registrierung der Fälle mit Pol. rh. ac. benutzte ich den Status bei der Aufnahme in die Krankenanstalt.

Die Bearbeitung erfolgte in derselben Weise wie bei den anamnestischen Angaben. Die Gelenkaffektionen der Arme und die der Beine wurden immer je für sich beurteilt.

Ich hielt es für wünschenswert, die bei den drei Materialgruppen gemachten Beobachtungen in möglichst zuverlässiger Weise vergleichen zu können. Deshalb wurden die Gruppen mit Arthr. def. und Pol. rh. chron. auch nach derselben Methode bearbeitet wie die Fälle mit Pol. rh. ac.

Von grösstem Interesse ist die Verteilung der Gelenkaffektionen bei zunehmendem Alter. Deshalb wurden die Fälle mit Pol. rh. ac. in Zweijahrsklassen von 1 1/12 bis 19 Jahren sowie in eine Gruppe Erwachsene eingeteilt (siehe Tab. 17).

Bei der primären Durchsicht der Materialgruppen wurden die männlichen und die weiblichen Individuen getrennt bearbeitet. Da indes kein Unterschied zwischen den Geschlechtern zu bemerken war, nehme ich in diesem Kapitel keine Rücksicht auf das Geschlecht.

Mängel der Materialgruppen und der Untersuchungsmethoden.

Aus Gründen, die ich auf S. 265 angeführt habe, war ich gezwungen, diesen Teil der Untersuchung auf verschiedene Materialgruppen zu stützen. Diese bestehen aus Arthr. def., Pol. rh. chron. und Pol. rh. ac. Ergibt sich in einer gewissen Beziehung Übereinstimmung zwischen den Gruppen, so spricht dies weiterhin für die Richtigkeit der gewonnenen Ergebnisse. Andererseits muss diese uneinheitliche Zusammensetzung des Untersuchungsmaterials einen gewissen Grad von Unsicherheit bedingen, da die verschiedenen Gruppen nicht dieselbe Alters- und Geschlechtsverteilung usw. haben. Diese Fehlerquelle dürfte indes relativ unbedeutend sein (siehe S. 277), weshalb sie meiner Ansicht nach den Wert der Untersuchungsergebnisse nicht nennenswert verringert.

Bei den einzelnen Materialgruppen wurden die Anamnese und der Status præsens von verschiedenen Ärzten aufgenommen (siehe S. 269). Die Feststellungen, um die es sich hier handelt, werden bei jeder routinemässigen, genauen ärztlichen Untersuchung eines gelenkkranken Individuums protokolliert. Deshalb besteht kein Grund zu der Annahme, dass gewisse Teile des Materials schlechter bearbeitet seien als andere. Im Gegenteil muss diese Art der primären Feststellungen eine Gewähr dafür sein, dass das Material ganz objektiv beurteilt worden ist.

Die Ausscheidung von Fällen, welche vor dem Auftreten der Krankheit fehlerhafte statische Verhältnisse aufgewiesen haben, Traumata ausgesetzt waren u. dgl., erfolgte wahrscheinlich bei den Gruppen mit Arthr. def. und Pol. rh. chron. mit grösserer Genauigkeit als bei Pol. rh. ac. Die Krankengeschichten der letztgenannten Krankheit waren nämlich vermutlich in dieser Hinsicht nicht vollständig. Um diesem Mangel abzuhelfen, versandte ich einen Fragebogen an alle bearbeiteten Fälle von Pol. rh. ac. In diesem bat ich um Auskunft, ob ein Gelenk einer Verletzung ausgesetzt gewesen war oder ob andere Momente vorgelegen hatten, die denkbarerweise den Verlauf der Krankheit hätten

beeinflussen können. Individuen, welche Angaben machten, auf Grund deren ich es für wahrscheinlich hielt, dass äussere Faktoren die Verteilung der Gelenkaffektionen beeinflusst hatten, wurden von der Bearbeitung ausgeschlossen. Trotzdem ist sicher eine kleinere Anzahl Fälle bearbeitet worden, in denen artifizielle Verhältnisse die Entstehung und Entwicklung der Symptome bestimmt haben. Wie gross diese Fehlerquelle ist, dürfte sich nicht entscheiden lassen. Meiner Ansicht nach ist sie wahrscheinlich nicht so gross, dass sie die Untersuchungsresultate in höherem Grade verrücken könnte.

Ich halte es für ziemlich selbstverständlich, dass die physiologischen funktionellen Verhältnisse der Extremitätengelenke grösseren Einfluss auf das primäre Auftreten der Gelenkerscheinungen haben als auf die Gelenkveränderungen beim Status præsens. Im letzteren Fall ist nämlich die normale Funktion oft durch Schmerzen, Hinken, Gelenksteifheit, Muskelatrophie, Kontrakturen, Bettlägerigkeit, physikalische Therapie usw. verändert. Dieses Unsicherheitsmoment wird dadurch verstärkt, dass der Zeitraum zwischen dem Erkranken und der Aufnahme des Status præsens im Material stark schwankt. Es könnte deshalb am richtigsten erscheinen, die Untersuchung auf die anamnestischen Angaben zu gründen. Dies habe ich indes nicht getan, weil die anamnestischen Angaben meines Erachtens zu unzuverlässig sind. Dies gilt insbesondere für das Kindermaterial. Vielmehr habe ich sowohl die Angaben der Anamnese als die des Status præsens bearbeitet und miteinander verglichen.

Bei Beurteilung der primären Angaben in der Gruppe Pol. rh. ac. war es nicht möglich, scharf gezogenen Grenzen zu folgen, weil die Verfasser der Krankengeschichten verschiedene Ausdrücke und Bezeichnungen gebrauchen. Um soweit wie möglich Willkür zu vermeiden, habe ich das Material zweimal mit einem dazwischenliegenden Zeitraum beurteilt. Ein Vergleich der beiden Bearbeitungen ergab praktisch keinen Unterschied.

Hiernach liegen also eine Menge Unsicherheitsmomente vor. Indes sind dieselben meiner Ansicht nach nicht so gross, dass sie mich hindern könnten, Schlussfolgerungen aus den gewonnenen Untersuchungsresultaten zu ziehen.

Untersuchungsresultate.

Das Verhältnis zwischen der Anzahl affizierter und nichtaffizierter Fälle.

Hier wurde nur die Gruppe Pol. rh. ac. bearbeitet, weil es mir besonders wichtig erscheint, die Veränderungen dieses Verhältnisses mit zunehmendem Alter zu verfolgen. Es dürfte ohne nennenswertes Interesse sein, die drei Materialgruppen bei Erwachsenen in dieser Beziehung zu vergleichen. Das Material wurde in Fälle mit und ohne Gelenkaffek-

Tabelle 18. *Polyarthritis rheumat. ac. Anzahl affizierter Fälle in Proz. der untersuchten Fälle.*

Jahre alt	Anamnese		Status præsens	
	Obere Extremit.	Untere Extremit.	Obere Extremit.	Untere Extremit.
Gesamtmaterial.				
1 1/12— 7....	18,1 ± 2,4	94,3 ± 1,4	22,8 ± 2,6	65,1 ± 3,0
7 1/12—13....	24,8 ± 1,6	91,8 ± 1,0	27,8 ± 1,7	65,2 ± 1,8
13 1/12—19....	26,0 ± 2,7	81,5 ± 2,4	45,2 ± 3,1	59,8 ± 3,0
Erwachsene ...	51,6 ± 3,4	73,7 ± 3,0	62,8 ± 3,3	81,4 ± 2,7
Rechtshändige.				
1 1/12— 7....	19,4 ± 4,1	91,4 ± 2,9	16,5 ± 3,8	64,8 ± 4,9
7 1/12—13....	22,9 ± 2,4	92,0 ± 1,6	22,1 ± 2,4	65,7 ± 2,8
13 1/12—19....	35,3 ± 5,2	84,7 ± 3,9	48,8 ± 5,5	75,6 ± 4,7
Erwachsene ...	55,4 ± 4,5	70,3 ± 4,2	61,2 ± 4,4	78,5 ± 3,7
Linkshändige.				
1 1/12— 7....	11,8 ± 7,8	100 (n = 17)	13,3 ± 8,8	66,7 (n = 15)
7 1/12—13....	41,0 ± 7,9	92,3 ± 4,3	39,5 ± 7,9	63,2 ± 7,8
13 1/12—19....	30,0 ± 10,6	90,0 ± 6,7	52,6 ± 11,5	79,0 ± 9,6
Erwachsene ...	52,4 ± 10,9	76,2 ± 9,3	59,1 ± 10,5	90,9 ± 6,1

tionen eingeteilt. Die oberen und die unteren Extremitäten wurden je für sich behandelt. Die Angaben der Anamnese wurden ganz von denen des Status præsens getrennt. Tab. 18 enthält die Anzahl affizierter Fälle im Verhältnis zur Gesamtzahl aller untersuchten, ausgedrückt in Prozent.

Die Fälle mit Gelenkaffektion der Arme zeigen sowohl in der Anamnese als im Status eine mit den Jahren steigende Frequenz. Dies gilt sowohl für das ganze Material als für Rechts- und für Linkshändige (siehe Tab. 18). Ebenso verhält es sich mit dem Status hinsichtlich der Gelenke der unteren Extremitäten. Dagegen besagen die anamnestischen Angaben bezüglich der letztgenannten Gelenke das gerade Gegenteil.

Frühere Autoren haben darauf hingewiesen, dass Pol. rh. ac. bei jüngeren Kindern oft monartikulär beginnt, und dass die Gelenkerscheinungen bei ihnen flüchtiger sind als bei älteren. Dies stimmt gut mit dem überein, was ich für die Gelenke der Arme gefunden habe. Dadurch, dass bei älteren Individuen mehr Gelenke primär erkranken und die Gelenksymptome länger bestehen bleiben, erhält man natürlich sowohl in der Anamnese als im Status einen höheren Wert für die relative Anzahl affizierter Fälle.

Die Abweichungen in der Anamnese für die unteren Extremitäten

dürften mit funktionellen Verhältnissen zusammenhängen. Beim kleinen Kinde sind vermutlich die Gelenke der Beine durch das Gehen relativ grösseren mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt als die der Arme. Mit zunehmendem Alter bekommen die letzteren immer zahlreichere und schwerere Aufgaben. Hierdurch verringert sich der Unterschied in der Funktion zwischen den Gelenken der beiden Extremitätenpaare sukzessiv.

Direkte Beweise für die Richtigkeit dieser Annahme kann ich nicht vorlegen. Dagegen gibt es indirekte. Einer der wichtigsten scheint mir die Verteilung der Gelenkaffektionen in den Extremitäten zu sein (siehe unten). Ich habe die Anzahl Gelenkaffektionen im Status praesens nicht untersucht, weil mir ein Journalmaterial zu unzuverlässig für solche Berechnungen erscheint.

Die Verteilung der Gelenkaffektionen auf die Gelenke der oberen und unteren Extremitäten.

Viele Autoren haben darauf hingewiesen, dass die Gelenke der Beine sowohl bei Kindern als bei Erwachsenen häufiger von Pol. rh. ac. befallen werden als die der Arme. Dabei haben sie gewöhnlich angedeutet, dass dies denkbarerweise auf funktionellen Verhältnissen beruhen kann.

Ich habe diese Erscheinung bei meinem Material studiert und will hier einige Ziffern anführen, welche die Frage beleuchten.

Die Bearbeitung der anamnestischen Angaben geschah in folgender Weise: Jeder Fall wurde registriert. Wenn ein Gelenk der Arme bzw. der Beine zuerst von der Krankheit befallen worden war, wurde der Fall zu der Gruppe »Obere Extremitäten primär angegriffen» bzw. »Untere Extremitäten primär angegriffen» gestellt. Wenn die Symptome gleichzeitig in den Gelenken der Arme und Beine begonnen hatten, wurde der Patient zu beiden Gruppen gezählt. Das Symptombild des Status praesens wurde in entsprechender Weise registriert. Wiesen die Fälle Erscheinungen nur in den Gelenken der Arme oder nur in denen der Beine auf, so wurden sie also zu einer der Gruppen gerechnet. Bestand dagegen Gelenkaffektion sowohl im oberen als im unteren Extremitätenpaar, so wurde der Fall zu beiden Gruppen gezählt.

Abb. 2 zeigt die auf diese Weise erhaltene relative Anzahl Affektionen der Arme bei Pol. rh. ac. Sowohl nach der Anamnese als nach dem Status bekommt man eine im grossen und ganzen kontinuierlich steigende Kurve. Dies bedeutet, dass die Arme mit den Jahren immer früher und immer häufiger von Pol. rh. ac. angegriffen werden. Zwischen den verschiedenen Zweijahrsklassen erhält man infolge der starken Einteilung und des beschränkten Umfangs des Materials keine statistisch gesicherten Unterschiede. Teilt man es in eine kleinere Anzahl Gruppen ein, so ist dies indes der Fall (siehe »Obere Extremitäten» in Tab. 19

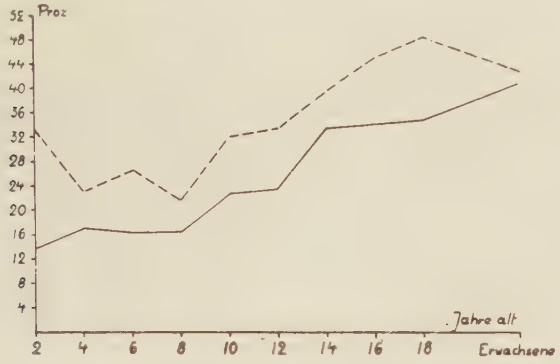


Abb. 2. Polyarthritis rheumat. ac. Das Verhältnis zwischen der Anzahl Fälle mit Affektionen in den Gelenken der oberen und unteren Extremitäten. (Ausgezogene Linie = Anamnese; gestrichelte Linie = Status praesens.)

Tabelle 19. *Polyarthritis rheumat. ac. u. Polyarthritis rheumat. chron. Relative Anzahl primärer Affektionen in den verschiedenen Extremitätengelenken in Proz. der gesamten Gelenkaffektionen.*

	Pol. ac. < 7 Jahre alt	Pol. ac. 9 1/12—15 Jahre alt	Pol. ac. Erwachsene	Pol. chron. Erwachsene
Achseln	1,84 ± 0,52	4,00 ± 0,49	9,04 ± 1,23	15,96 ± 2,18
Ellenbogen	3,99 ± 0,77	5,10 ± 0,55	11,25 ± 1,36	5,32 ± 1,34
Handgel. Hände.	10,14 ± 1,18	12,92 ± 0,83	19,58 ± 1,71	35,82 ± 2,86
Obere Extremit. .	16,0 ± 1,43	22,02 ± 1,09	39,85 ± 2,10	57,09 ± 2,95
Hüften	13,52 ± 1,49	10,39 ± 0,76	6,09 ± 1,03	6,38 ± 1,46
Knie	33,64 ± 1,85	32,16 ± 1,16	24,72 ± 1,85	20,57 ± 2,41
Fussgel. Füsse...	36,87 ± 1,89	35,42 ± 1,19	29,34 ± 1,96	15,96 ± 2,18

Tabelle 20. *Polyarthritis rheumat. ac. u. Polyarthritis rheumat. chron. Relative Anzahl Affektionen in den verschiedenen Extremitätengelenken bei Status praesens in Proz. der gesamten Gelenkaffektionen.*

	Pol. ac. < 7 Jahre alt	Pol. ac. 9 1/12—15 Jahre alt	Pol. ac. Erwachsene	Pol. chron. Erwachsene
Achseln	2,50 ± 0,68	3,80 ± 0,50	10,46 ± 1,34	17,93 ± 1,01
Ellenbogen	5,57 ± 1,01	6,70 ± 0,66	12,24 ± 1,17	13,27 ± 0,90
Handgel. Hände.	12,09 ± 1,43	16,78 ± 0,99	20,28 ± 1,44	23,07 ± 1,11
Obere Extremit. .	20,15 ± 1,76	27,28 ± 1,17	42,98 ± 1,77	54,27 ± 1,31
Hüften	10,56 ± 1,35	10,29 ± 0,80	5,36 ± 0,80	8,29 ± 0,73
Knie	30,90 ± 2,02	30,59 ± 1,21	27,42 ± 1,60	17,79 ± 1,01
Fussgel. Füsse...	38,20 ± 2,13	31,77 ± 1,23	24,11 ± 1,53	19,60 ± 1,05

und 20). (Die Tabelle, welche Abb. 2 zugrunde liegt, wird nicht veröffentlicht.)

Diese interessante Feststellung schien mir einer näheren Prüfung wert. Deshalb untersuchte ich die Affektionen in den 6 Paaren »Gelenke», welche auf S. 269 angegeben sind. Die Berechnung fand folgendermassen statt (in gleicher Weise für die Angaben der Anamnese und des Status praesens): Ich notierte jedes Gelenk, welches angegriffen worden war. Wenn zwei symmetrische Gelenke affiziert waren, wurde dies als zwei Affektionen des betreffenden Gelenks bezeichnet. Ich nahm keine Rücksicht darauf, ob mehrere Gelenke derselben Hand oder desselben Fusses angegriffen waren. Die prozentuale Verteilung der Affektionen in den 6 Gelenkpaaren wurde berechnet und in Tab. 19 (Anamnese) sowie 20 (Status praesens) angegeben.

Aus diesen beiden Tabellen geht Folgendes hervor:

1. Die relative Anzahl Affektionen der Gelenke der oberen Extremitäten steigt mit zunehmendem Alter sowohl in der Anamnese als im Status (durchgehend statistisch gesicherte Unterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen).

2. Das Umgekehrte gilt für die Gelenke der Beine. (Sichergestellte Differenzen finden sich in der Anamnese ausser für die Artic. pedis, wo der Unterschied wahrscheinlich ist, und im Status praesens ausser für die Knie, wo er ganz fehlt.)

3. Die proximalen Gelenke sind sowohl bei Kindern als bei Erwachsenen weniger angegriffen als die distalen. (Möglicherweise ist dies bei den ersteren etwas ausgesprochener.)

4. Die Frequenz der verschiedenen Gelenkaffektionen stimmt gut mit den Befunden früherer Autoren überein. (Ich verzichte hier auf einen eingehenden Vergleich und verweise auf die Tabellen 15, 16, 19, 20.)

5. Um einen Vergleich der Verhältnisse bei Pol. rh. ac. und bei Pol. rh. chron. in dieser Hinsicht zu ermöglichen, wurde die Verteilung der letztgenannten Krankheit auf die verschiedenen Extremitätengelenke in den Tabellen 19 und 20 angegeben. Pol. rh. chron. zeigt im wesentlichen eine Fortsetzung der Entwicklung, welche oben für Pol. rh. ac. bei zunehmendem Alter beschrieben wurde.

Der Anschaulichkeit halber stelle ich in den Abbildungen 3 und 4 die Verteilung der Gelenkaffektionen bei Pol. rh. ac. graphisch dar.

Ich konnte nicht finden, dass die Fehlerquellen des Materials oder der Untersuchungsmethoden die Feststellungen in Punkt 1 und 2 zweifelhaft machen. Hinsichtlich Punkt 3 ist zu bemerken, dass die Differenzen zwischen dem Artic. cubiti und den Artic. manus bzw. dem Artic. genus und den Artic. pedis mit grösster Vorsicht aufzunehmen sind. Die Artic. manus und Artic. pedis wurden nämlich bei der Bearbeitung je für sich als ein Gelenk betrachtet, obgleich sie in Wirklichkeit aus vielen Gelenken bestehen.

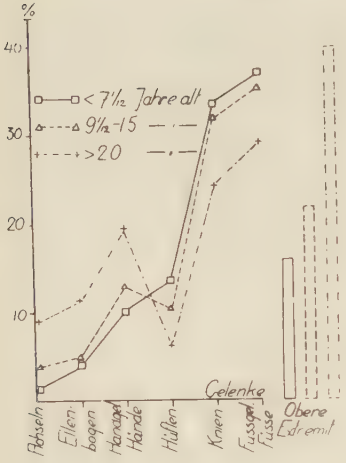


Abb. 3. Polyarthritis rheumat. ac. Relative Anzahl primärer Affektionen in den verschiedenen Extremitätengelenken bei Anamnese in Proz. der gesamten Affektionen.

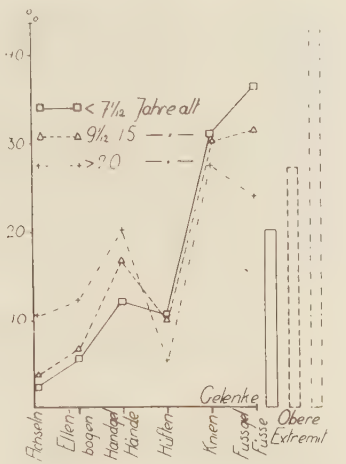


Abb. 4. Polyarthritis rheumat. ac. Relative Anzahl Affektionen in den verschiedenen Extremitätengelenken bei Status praesens in Proz. der gesamten Affektionen.

Der Vergleich in Punkt 4 zeigt, dass ich es nicht mit Spezialmaterial zu tun habe, und dass die Bearbeitung nicht irreführend war. Dies spricht für die Richtigkeit der Ergebnisse.

Mein Material von Pol. rh. chron. enthält eine Mischung von primär- und sekundärchronischer rheumatischer Polyarthritis. Vor allem die erstgenannte weist starke Neigung zu Lokalisation in den kleinen Gelenken der Extremitäten auf. Die Ursache hiervon ist nicht bekannt. Ich will deshalb mit meinem Vergleich in Punkt 5 nicht gesagt haben, dass ausschliesslich die funktionellen Verhältnisse für den nachgewiesenen Unterschied in der Verteilung der Gelenkerscheinungen zwischen Pol. rh. ac. und Pol. rh. chron. bestimmend gewesen wären. Indes ist es nicht ausgeschlossen, dass dies bis zu gewissem Grade der Fall war. Die funktionellen Verhältnisse dürften nämlich bei einer stark chronisch verlaufenden Krankheit grössere Möglichkeit haben, die Gelenkerscheinungen zu beeinflussen, als bei einer akuten. Andererseits wird ein Individuum, das an einer Gelenkkrankheit leidet, oft gezwungen, seine Statik und die Funktion seiner Extremitätengelenke in gewissem Umfang umzustellen. Dabei werden die physiologischen Verhältnisse vollständig verändert.

Es besteht grundsätzlich volle Übereinstimmung zwischen der Verteilung der Gelenkaffektionen auf die Gelenke der oberen und unteren

Extremitäten und den in vorigem Abschnitt erhaltenen Resultaten. Weiter unten in diesem Kapitel werde ich zeigen, dass sich die Gelenkaffektionen bei Pol. rh. ac., Pol. rh. chron. und Arthr. def. in derselben Weise verteilen. Diese Feststellungen sind meiner Ansicht nach eine starke Stütze für die Annahme, dass die funktionellen Verhältnisse der Extremitätengelenke für die Entstehung und Entwicklung der Gelenkaffektionen bei den drei genannten Krankheiten von Bedeutung sind. In der weiteren Erörterung gehe ich davon aus, dass diese Annahme richtig ist, obgleich ich der Ansicht bin, dass absolut schlüssige Beweise nicht erbracht werden konnten.

Das Verhältnis zwischen der Anzahl symmetrisch und asymmetrisch angegriffener Fälle.

Ich habe oben (Kap. II) darauf hingewiesen, dass die relative Anzahl symmetrischer Fälle um so grösser wird, je grösser die Frequenz einer Eigenschaft bei zufälliger Verteilung ist. Da die unteren Extremitäten bei Pol. rh. ac. häufiger von der Krankheit betroffen sind als die oberen, müsste also die Häufigkeit der symmetrischen Fälle in den erstgenannten grösser sein. Indes ist durchgehend das Umgekehrte der Fall (siehe Tab. 23). In den verschiedenen Altersklassen sind keine sichergestellten Unterschiede zu konstatieren. Berechnet man indes die Differenzen für das ganze Material, so erhält man für die Anamnese $7{,}4 \pm 3{,}0$ und für den Status praesens $11{,}1 \pm 2{,}6$. Dies scheint in gewissem Grade darauf hinzudeuten, dass die Wahrscheinlichkeit für das symmetrische Auftreten der Krankheit in den unteren Extremitäten geringer ist als in den oberen.

Der Unterschied in der Anzahl affizierter Fälle in der Anamnese und im Status ist bei Pol. rh. ac. ziemlich unbedeutend. Bei einer zufälligen Verteilung der Krankheitserscheinungen müsste also die Frequenz der symmetrischen Fälle in beiden Gruppen ungefähr gleich gross sein. Wie aus Tab. 23 hervorgeht, ist dies indes nur in den Altersgruppen »13 1/12 -19 Jahre alt» und »Erwachsene» der Fall. Der Grund für die höheren Werte in den anamnestischen Angaben bei Kindern unter 13 Jahren dürfte darin liegen, dass diese Angaben von Eltern oder andern Angehörigen gemacht wurden. Diese haben gewöhnlich die ersten Symptome der Krankheit nicht im einzelnen gekannt, sondern unbestimmte Angaben gemacht. Daher ist in der Krankengeschichte nur verzeichnet, in welchem Extremitätenpaar die Krankheit begonnen hat.

Nach Edström (1935) kommt Pol. rh. ac. meist zwischen dem 15. und 20. Lebensjahr vor. Deshalb könnte man erwarten, dass die Frequenz der symmetrischen Fälle in der Altersgruppe »13 1/12—19 Jahre alt» meines Materials am grössten ist. Eine Andeutung hiervon findet sich im Status praesens. Jedoch sind keine sichergestellten Unterschiede gegenüber den andern Altersklassen zu konstatieren. Wenn die obige

Annahme richtig ist, dass die anamnestischen Angaben bei jüngeren Kindern unzuverlässig sind, so muss die Frequenz der symmetrischen Fälle in der anamnestischen Abteilung in den beiden jüngsten Altersklassen am grössten sein, wahrend dies bei den Angaben des Status praesens nicht der Fall sein kann. Hiermit stehen die in Tab. 23 angegebenen Werte gut im Einklang. Es scheint also bei Pol. rh. ac. keine grössere Tendenz zu symmetrischer Gelenkaffektion bei jüngeren Individuen vorzuliegen als bei älteren. Diese Feststellung kann vielleicht als ein Zeichen dafür gedeutet werden, dass die Funktion der Extremitäten bei Kindern ebenso asymmetrisch ist wie bei Erwachsenen. Dies stimmt gut mit dem überein, was ich über das Hervortreten der Händigkeit und Beinigkeit bei Kindern gesagt habe (Kap. III).

Ich verzichte gänzlich auf einen Vergleich der verschiedenen Krankheiten in diesen Beziehungen, weil mein Material keinen Aufschluss über ihre Frequenz gibt.

Die Verteilung der Gelenkaffektionen auf die Gelenke der rechten und linken Seite.

Auf S. 268 habe ich die Grundsätze für die Einteilung des Materials in die Gruppen »Nach der Regel» und »Gegen die Regel» angegeben. Tab. 21 gibt die relative Anzahl Fälle bei Arthr. def. und Pol. rh. chron. an, die zu den Gruppen »Symmetrische Fälle», »Nach der Regel» und »Gegen die Regel» gehören. Berechnet man die Verteilung der Gelenkaffektionen auf die rechte und linke Seite nach der genauesten Methode (siehe Kap. II, S. 234), so bekommt man Tab. 22. Die beiden

Tabelle 21. *Arthrosis deformans u. Polyarthritis rheumat. chron. Verteilung der Gelenkaffektionen auf die Gruppen »symmetrische Fälle»* (*R = L*), *»nach der Regel»* (*N. R.*) *u. »gegen die Regel»* (*G. R.*) *im ganzen Material samt bei Rechts- und Linkshändigen (in Proz. angegeben).*

	Arthr. def.				Pol. chron.			
	n.	R = L	N. R.	G. R.	n.	R = L	N. R.	G. R.
Gesamtmaterial.								
Anamnese	108	10,2	65,7	24,1	219	22,4	64,4	13,2
Status præsens	123	14,6	65,9	19,5	271	29,2	56,1	14,8
Rechtshändige.								
Anamnese	94	10,6	61,7	27,7	195	22,1	63,6	14,4
Status præsens	109	14,7	64,2	21,1	244	29,9	53,7	16,4
Linkshändige.								
Anamnese	14	0	92,9	7,1	24	25,0	70,8	4,2
Status præsens	14	14,3	78,6	7,1	27	22,2	77,8	0

Tabelle 22. *Arthrosis deformans u. Polyarthritis rheumat. chron. Die Differenzen in Tabelle 21 zwischen der relativen Anzahl Fälle »nach der Regel» und den 50 Proz. gemäss den in Kap. II angegebenen Berechnungsmethoden.*

	Gesamtmaterial		Rechtshändige		Linkshändige	
	Arthr. def.	Pol. chron.	Arthr. def.	Pol. chron.	Arthr. def.	Pol. chron.
Anamnese	18,9±4,6	20,9±3,0	15,4±4,9	20,2±3,2	—	26,7±9,1
Status præsens	20,2±4,2	16,0±2,7	18,8±4,5	14,4±2,8	31,3±12,9	31,8±8,7

Tabellen zeigen, dass sowohl das ganze Material als die Rechtshänder und wahrscheinlich auch die Linkshänder dieser Regel sowohl nach den Angaben der Anamnese als nach dem Status praesens folgen.

Die entsprechenden Verhältnisse wurden auch bei Pol. rh. ac. studiert. Dabei wurden die oberen und die unteren Extremitäten je für sich bearbeitet (siehe 270). Um einen Vergleich zwischen den verschiedenen Krankheiten zu ermöglichen, habe ich auch die Materialgruppen mit Pol. rh. chron. und mit Arthr. def. in derselben Weise behandelt. Tab. 23 enthält das gesamte Material ohne Rücksicht auf die Händigkeit. Die Differenzen zwischen den Fällen »Nach der Regel» und 50 % sind in Tab. 24 angegeben. Aus diesen beiden Tabellen ergibt sich für Pol. rh. ac.:

1. Die Verteilung der Gelenkaffektionen in den oberen Extremitäten entspricht sowohl in der Anamnese als im Status zum grössten Teil der aufgestellten Regel (d. h. sie treten im rechten Arm auf). Die Abweichungen von der zufälligen Verteilung sind statistisch gesichert, ausser für die Altersklasse »1 1/12—7 Jahre alt» in der Anamnese.

2. In den unteren Extremitäten verteilen sich die Gelenkaffektionen gewöhnlich auch »nach der Regel» (d. h. sie betreffen das linke Bein), ausser in der Altersklasse »1 1/12—7 Jahre alt», wo sie sich »gegen die Regel» verteilen.

Die Differenzen sind überall sichergestellt.

Die Materialgruppen mit Pol. rh. chron. und Arthr. def. verhalten sich ebenso wie Pol. rh. ac. bei Erwachsenen.

Ich habe auch die sicher rechts- und linkshändigen Fälle in derselben Weise bearbeitet wie die ganzen Materialgruppen. Die Tabellen 25 und 26 enthalten die Werte für die Rechtshänder. Dieses Material von Pol. rh. ac. ist wesentlich kleiner als das in den Tabellen 23 und 24. Dies beruht darauf, dass es für eine ziemlich grosse Anzahl bearbeiteter Fälle an zuverlässigen Angaben über die Händigkeit fehlt. Ein Teil der Differenzen für die oberen Extremitäten ist deshalb nicht statistisch sichergestellt. Die Verteilung der Gelenkaffektionen bei den Rechtshändern ist dieselbe wie im ganzen Material (siehe oben).

Tabelle 23. *Polyarthritis rheumat. ac., Polyarthritis rheumat. chron. u. Arthrosis deformans. Verteilung der Gelenkaffektionen auf die Gruppen »symmetrische Fälle» (R = L), »nach der Regel» (N. R.) u. »gegen die Regel» (G. R.) im ganzen Material (in Proz. angegeben).*

	Obere Extremit.				Untere Extremit.			
	n.	R = L	N. R.	G. R.	n.	R = L	N. R.	G. R.
Anamnese.								
Pol. ac. 1 1/12—7 J. a.	42	59,5 ± 7,6	28,6	11,9	154	45,5 ± 4,0	10,4	44,2
Pol. ac. 7 1/12—13 J. a.	153	45,8 ± 4,0	48,4	5,9	437	33,2 ± 2,3	54,2	12,6
Pol. ac. 13 1/12—19 J. a.	73	30,1 ± 5,4	60,3	9,6	170	23,5 ± 3,3	65,9	10,6
Pol. ac. Erwachsene	95	28,4 ± 4,7	60,0	11,6	141	25,5 ± 3,7	67,4	7,1
Pol. chron.	141	22,7 ± 3,3	60,3	17,0	105	21,9 ± 4,0	58,1	20,0
Arthr. def.	—	—	—	—	119	9,2 ± 2,6	59,7	31,1
Status præsens.								
Pol. ac. 1 1/12—7 J. a.	53	35,9 ± 6,6	56,6	7,6	164	17,1 ± 2,9	10,4	72,6
Pol. ac. 7 1/12—13 J. a.	164	25,0 ± 3,4	65,9	9,2	378	18,8 ± 2,0	69,1	12,2
Pol. ac. 13 1/12—19 J. a.	96	34,4 ± 4,8	54,8	11,5	140	27,1 ± 3,8	60,7	12,1
Pol. ac. Erwachsene	124	35,5 ± 4,3	49,2	15,3	161	21,1 ± 3,2	64,6	14,3
Pol. chron.	228	25,4 ± 2,9	53,1	21,5	227	27,3 ± 3,0	44,5	28,2
Arthr. def.	—	—	—	—	129	14,0 ± 3,0	58,9	27,1

Tabelle 24. *Polyarthritis rheumat. ac., Polyarthritis rheumat. chron. u. Arthrosis deformans. Die Differenzen in Tabelle 23 zwischen der relativen Anzahl Fälle »nach der Regel» und den 50 Proz. gemäss den in Kap. II angegebenen Berechnungsmethoden.*

	Anamnese		Status præsens	
	Obere Extremit.	Untere Extremit.	Obere Extremit.	Untere Extremit.
Pol. ac. 1 1/12— 7 J. a.	5,2 ± 6,1	— 11,6 ± 3,3	18,1 ± 5,9	— 26,6 ± 3,6
Pol. ac. 7 1/12—13 J. a.	14,6 ± 3,3	15,6 ± 2,1	22,7 ± 3,5	23,9 ± 2,4
Pol. ac. 13 1/12—19 J. a.	38,0 ± 5,8	22,4 ± 3,4	15,9 ± 4,4	19,1 ± 3,7
Pol. ac. Erwachsene	18,9 ± 4,5	24,0 ± 3,8	12,5 ± 3,9	20,8 ± 3,6
Pol. chron.	17,6 ± 3,8	15,6 ± 4,4	12,6 ± 2,9	6,4 ± 2,9
Arthr. def.	—	13,1 ± 4,1	—	13,9 ± 4,1

Tabelle 25. *Polyarthritis rheumat. ac., Polyarthritis rheumat. chron. u. Arthrosis deformans. Verteilung der Gelenkaffektionen auf die Gruppen »symmetrische Fälle» (R = L), »nach der Regel» (N. R.) u. »gegen die Regel» (G. R.) bei Rechtshändigen (in Proz. angegeben).*

	Obere Extremit.				Untere Extremit.			
	n.	R = L	N. R.	G. R.	n.	R	L	N. R.	G. R.
Anamnese.									
Pol. ac. 1 1/12—7 J. a.	10	60,0	30,0	10,0	87	24,1		3,5	72,4
Pol. ac. 7 1/12—13 J. a.	47	53,3	42,6	2,1	192	26,0		66,7	7,3
Pol. ac. 13 1/12—19 J. a.	31	22,6	71,0	6,5	69	11,6		78,3	10,1
Pol. ac. Erwachsene	56	28,6	69,6	1,8	80	26,3		71,3	2,5
Pol. chron.	126	22,2	61,1	16,7	86	22,1		64,0	14,0
Arthr. def.	—	—	—	—	96	9,4		69,8	20,8
Status præsens.									
Pol. ac. 1 1/12—7 J. a.	11	36,4	54,6	9,1	53	22,6		5,7	71,7
Pol. ac. 7 1/12—13 J. a.	41	24,4	68,3	7,3	127	26,8		60,6	12,6
Pol. ac. 13 1/12—19 J. a.	42	28,6	59,5	11,9	60	28,3		60,0	11,7
Pol. ac. Erwachsene	67	35,8	49,3	14,9	88	15,9		71,6	12,5
Pol. chron.	193	26,4	59,1	14,5	176	30,7		50,6	18,8
Arthr. def.	—	—	—	—	100	12,0		68,0	20,0

Tabelle 26. *Polyarthritis rheumat. ac., Polyarthritis rheumat. chron. u. Arthrosis deformans. Die Differenzen in Tabelle 25 zwischen der relativen Anzahl Fälle »nach der Regel» u. den 50 Proz. gemäss den in Kap. II angegebenen Berechnungsmethoden.*

	Anamnese		Status præsens	
	Obere Extremit.	Untere Extremit.	Obere Extremit.	Untere Extremit.
Pol. ac. 1 1/12— 7 J. a.	6,3 ± 13,0	− 27,8 ± 4,8	—	− 26,9 ± 6,2
Pol. ac. 7 1/12—13 J. a.	13,0 ± 5,8	23,6 ± 3,2	24,5 ± 7,0	18,9 ± 3,9
Pol. ac. 13 1/12—19 J. a.	26,3 ± 8,1	30,5 ± 5,7	18,5 ± 6,8	18,8 ± 5,7
Pol. ac. Erwachsene	26,4 ± 5,9	28,0 ± 5,0	12,6 ± 5,2	25,5 ± 4,9
Pol. chron.	18,2 ± 4,0	20,5 ± 4,9	17,6 ± 3,2	12,1 ± 3,3
Arthr. def.	—	22,4 ± 4,9	—	23,3 ± 4,6

Tabelle 27. *Polyarthritis rheumat. ac., Polyarthritis rheumat. chron. u. Arthrosis deformans. Verteilung der Gelenkaffektionen auf die Gruppen »symmetrische Fälle» (R = L), »nach der Regel» (N. R.) u. »gegen die Regel» (G. R.) bei Linkshändigen (in Proz. angegeben).*

	Obere Extremit.				Untere Extremit.			
	n.	R = L	N. R.	G. R.	n.	R = L	N. R.	G. R.
Anamnese.								
Pol. ac. 1 1/12—7 J. a.	2	100	0	0	17	35,3	5,9	58,8
Pol. ac. 7 1/12—13 J. a.	11	54,6	45,5	0	20	45,0	55,0	0
Pol. ac. 13 1/12—19 J. a.	5	40,0	40,0	20,0	13	38,5	53,9	7,7
Pol. ac. Erwachsene	8	27,5	50,0	12,5	13	30,8	53,9	15,4
Pol. chron.	25	16,0	52,0	32,0	19	21,1	47,4	31,6
Arthr. def.	—	—	—	—	23	8,7	73,9	17,4
Status præsens.								
Pol. ac. 1 1/12—7 J. a.	1	0	100	0	10	40,0	0	60,0
Pol. ac. 7 1/12—13 J. a.	8	12,5	50,0	37,5	14	35,4	64,6	0
Pol. ac. 13 1/12—19 J. a.	9	66,7	22,2	11,1	11	36,4	54,6	9,1
Pol. ac. Erwachsene	12	33,3	50,0	16,7	19	42,1	42,1	15,8
Pol. chron.	35	20,0	60,0	20,0	51	15,7	60,8	23,5
Arthr. def.	—	—	—	—	29	20,7	51,7	27,6

Tab. 27 gibt die entsprechende Bearbeitung der Linkshänder wieder. Hier ist zu beachten, dass Affektion »nach der Regel» bedeutet, dass der linke Arm bzw. das rechte Bein angegriffen ist, Affektion »gegen die Regel» dagegen, dass der rechte Arm bzw. das linke Bein von der Krankheit betroffen ist. Es ist äusserst interessant, dass sich die Gelenkaffektionen hier gerade umgekehrt zu verteilen scheinen wie bei den Rechtshändern. Wegen der geringen Anzahl Linkshänder wurden keine statistisch gesicherten Differenzen erhalten. (Ich gebe deshalb keine Tabelle der Differenzen, entsprechend den Tabellen 24 und 26.)

Es schien mir wünschenswert, auch die Verteilung der Gelenkaffektionen auf die verschiedenen Extremitäten bei Rechts- und Linkshändern graphisch darzustellen. Die Abbildungen 5 und 6 zeigen die relative Anzahl Fälle, welche der Regel entsprechen. (Nur die asymmetrischen Fälle wurden berücksichtigt, weshalb diese Darstellung weniger genau ist als die in den Tabellen 23, 24, 25, 26, 27.) Der Übersichtlichkeit

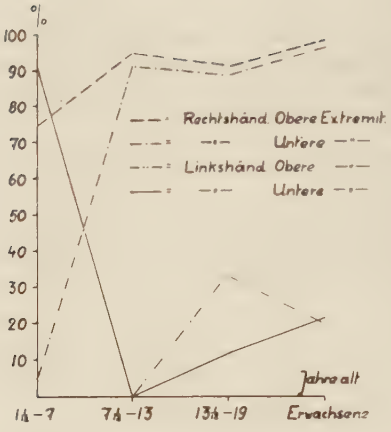


Abb. 5. Polyarthritis rheumat. ac. Relative Anzahl Fälle »nach der Regel», wenn Rechts- und Linkshändige als Rechtshändige behandelt werden. (Anamnestische Angaben.)

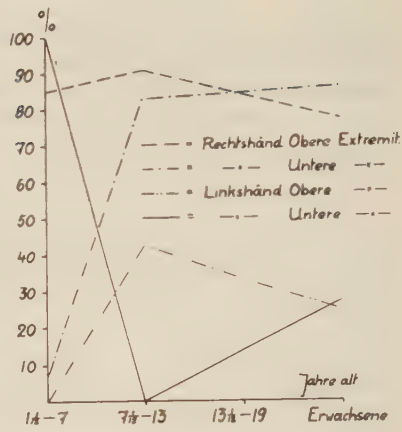


Abb. 6. Polyarthritis rheumat. ac. Relative Anzahl Fälle »nach der Regel», wenn Rechts- und Linkshändige als Rechtshändige behandelt werden. (Angaben aus Status praesens.)

halber sind sowohl die Rechts- als die Linkshänder als rechtshändig betrachtet.

Aus Abb. 5 sind die Verhältnisse in der Anamnese ersichtlich. Für die oberen Extremitäten bei Rechtshändern liegen die Werte zwischen 75 und 100 %. Die entsprechende Ziffer für die Linkshänder ist bedeutend niedriger und übersteigt nicht 35 %. Für die unteren Extremitäten der Rechtshänder ist die Anzahl Fälle, welche der Regel entsprechen, in der Altersklasse »1 1/12—7 Jahre alt» sehr gering. Mit zunehmendem Alter steigt der Wert rasch und beträgt für die übrigen Gruppen über 85 %. Die Kurve für die Linkshänder ist annähernd das Spiegelbild der Kurve für die Rechtshänder. Abb. 6 zeigt die Verhältnisse im Status praesens. Sie sind prinzipiell dieselben wie nach den anamnestischen Angaben.

Teilt man ein Material in kleinere Altersklassen ein, so erhält man genauere Angaben über die Altersvariationen einer Eigenschaft. Diese sind indes bloss zuverlässig, wenn das Material so gross ist, dass sich sichergestellte Differenzen zwischen den verschiedenen Altersklassen ergeben. Ich wünschte die relative Grösse der Gruppen näher zu studieren, die bei zunehmendem Alter der Regel entsprechen und widersprechen. Den Teil meines Materials von Pol. rh. ac., in dem ich die Verteilung von Rechts- und Linkshändern kenne, habe ich in Zweijahrsklassen von 1—19 Jahren und in eine Gruppe Erwachsene eingeteilt. Auch hier wurden sämtliche Fälle bei der Bearbeitung als rechts-

händig betrachtet. Durchweg erhält man bei den Rechtshändern hohe und bei den Linkshändern niedrige Werte für die Anzahl Fälle in der oberen Extremität, welche der Regel entsprechen. Bei den Beingelenken der Rechtshänder ist die relative Anzahl Fälle, die der Regel folgen, bis zum Alter von 6 Jahren niedrig. Hierauf steigt sie rasch, überschreitet etwa im Alter von 8 Jahren 50 % und erreicht im Alter von 10—12 Jahren dieselben Werte wie bei Erwachsenen. Für die Linkshänder bekommt man eine Kurve, welche im grossen und ganzen das Spiegelbild der Kurve für die Rechtshänder ist. Das Material ist indes zu klein, als dass sich statistisch sichergestellte Unterschiede zwischen den verschiedenen Klassen ergeben könnten.

In Kap. II habe ich darauf hingewiesen, dass die hier angewandten Berechnungsmethoden approximativ sind, weil sie sich bloss auf die positiven Fälle stützen. Deshalb bin ich nicht berechtigt, aus kleineren Variationen der prozentualen Frequenzen bestimmte Schlüsse zu ziehen. Ebensowenig darf man die Grösse derselben als exakten Ausdruck für die wirkliche Verteilung der Krankheit auf die rechte und linke Seite betrachten. Rein mathematisch wäre es am befriedigendsten, die Wahrscheinlichkeit zu bestimmen, dass die Krankheit die linke bzw. rechte Seite betrifft. Da ich hier nur mit positiven Fällen arbeite, kann ich eine solche Angabe nicht erhalten. Deshalb habe ich die approximative Methode angewandt, welche in Kap. II (S. 234) beschrieben ist. Tab. 28 enthält die Werte für die berechnete Wahrscheinlichkeit, dass die Gelenkaffektionen bei Erwachsenen in den verschiedenen Materialgruppen der Regel widersprechen, d. h. den linken Arm und das rechte Bein betreffen. Die entsprechende Wahrscheinlichkeit, dass sie der Regel folgen, ist in allen Fällen grösser als 1. Es besteht also ein deutliches Überwiegen für die aufgestellte Regel. Entsprechende Berechnungen für die Rechtshänder und die Linkshänder ergeben grundsätzlich dasselbe Resultat.

Ich habe es wahrscheinlich gemacht, dass die Gelenkaffektionen bei Arthr. def., Pol. rh. ac. und vermutlich auch bei Pol. rh. chron. von

Tabelle 28. *Polyarthritis rheumat. ac., Polyarthritis rheumat. chron. u. Arthrosis deformans. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Gelenkaffektionen »gegen der Regel» bei Erwachsenen. (Approximative Werte in Proz. angegeben.)*

	Anamnese		Status præsens	
	Obere Extremit.	Untere Extremit.	Obere Extremit.	Untere Extremit.
Pol. rh. ac.	47,4	37,9	72,1	32,7
Pol. rh. chron.	37,6	37,7	47,9	61,4
Arthr. def.	—	15,5	—	23,7

den funktionellen Verhältnissen der Gelenke abhängig sind (siehe S. 278). Geht man hiervon als einer Tatsache aus, so halte ich es für berechtigt, aus den obigen Feststellungen folgende Schlüsse zu ziehen:

1. Die Rechtshändigkeit bedingt grössere Funktion des rechten als des linken Arms.
2. Bei Linkshändern wird der linke Arm durchgehend mehr angewandt als der rechte.
3. Unter Kindern bis zum Schulalter fungiert bei Rechtshändern das rechte Bein und bei Linkshändern das linke gewöhnlich stärker.
4. In den ersten Schuljahren findet eine Umkehrung statt, so dass das schlechter koordinierte Bein schon vor der Pubertät stärkeren funktionellen Beanspruchungen unterliegt als das andere. Dieser Zustand bleibt dann während des ganzen Lebens bestehen.

Diese Feststellungen stimmen gut mit der Theorie überein, die ich in Kap. IV (S. 258) aufgestellt habe.

Die stärkere Funktion des besser koordinierten Armes bewirkt, dass dieser das ganze Leben hindurch gewöhnlich länger, stärker, schwerer und dicker ist. Das besser koordinierte Bein wird von jüngeren Kindern mehr angewandt, weshalb es bei ihnen gewöhnlich länger usw. ist. Da die statischen Funktionen grössere Ansprüche an die unteren Extremitäten stellen, wird das Körpergewicht mehr auf das schlechter koordinierte Bein verlegt. (Über die Ursache hiervon siehe S. 258). Diese Verlegung findet vermutlich in den ersten Schuljahren statt. Die erhöhte Funktion steigert die Wachstumsgeschwindigkeit der Extremität, weshalb bei Rechtshändern das linke und bei Linkshändern das rechte Bein von der Pubertät an gewöhnlich länger, schwerer und stärker ist.

Es scheint also, dass bei allen Individuen ein Kampf zwischen der Beinigkeit und der Statik stattfindet. Die erstere bewirkt, dass das besser koordinierte Bein, die letztere dagegen dass das schlechter koordinierte stärker fungiert. Bei kleinen Kindern überwiegt der Einfluss der Beinigkeit, da bei ihnen die statischen Verhältnisse schwächer entwickelt sind. Mit steigendem Alter bildet sich die Statik aus. Die Beinigkeit dagegen verändert sich nicht nennenswert, weshalb sie mit den Jahren immer mehr an Bedeutung verliert. Dies erklärt in einfacher Weise die Umkehrung der Funktion, die mit zunehmendem Alter zwischen den unteren Extremitäten der rechten und linken Seite bei Kindern stattfindet.

Durch diese Feststellungen glaube ich wahrscheinlich gemacht zu haben, dass die funktionellen Extremitätenasymmetrien teilweise die Ursache der morphologischen sind.

Zusammenfassung.

I. Aus der Literaturübersicht geht hervor:

A. Arthr. def. kann sowohl durch einzelne grosse als durch wiederholte kleine Traumata der Gelenke hervorgerufen werden. Die Krankheit befällt vor allem stark fungierende Gelenke.

B. Pol. rh. chron. hat keinen sichergestellten Zusammenhang mit Trauma oder Hyperfunktion.

C. Pol. rh. ac. kann durch einmaliges Trauma ausgelöst werden. Pol. rh. ac. greift vermutlich häufiger stark fungierende Gelenke an. Die Beingelenke werden sowohl bei Kindern als bei Erwachsenen häufiger angegriffen als die der Arme.

II. Die Ergebnisse dieses Kapitels sind folgende:

A. Das Verhältnis zwischen der Anzahl affizierter und nichtaffizierter Fälle bei Pol. rh. ac.

1. Die Anamnese und der Status praesens zeigen für die Gelenke der Arme und vielleicht der Status praesens für die Gelenke der Beine steigende Frequenz mit zunehmendem Alter. Dies gilt sowohl für das ganze Material als für Rechtshänder und für Linkshänder.

2. Die anamnestischen Angaben zeigen für die unteren Extremitäten das Umgekehrte wie für die Arme.

3. Die relative Anzahl Gelenkaffektionen der oberen Extremitäten steigt mit zunehmendem Alter sowohl in der Anamnese als im Status.

4. Die relative Anzahl Gelenkaffektionen der unteren Extremitäten sinkt mit zunehmendem Alter sowohl in der Anamnese als im Status.

5. Die proximalen Gelenke der Extremitäten weisen bei Pol. rh. ac. bei Kindern und Erwachsenen sowie bei Pol. rh. chron. Erwachsener weniger Gelenkaffektionen auf als die peripheren.

B. Das Verhältnis zwischen der Anzahl symmetrisch und asymmetrisch angegriffener Fälle.

1. Die Wahrscheinlichkeit für symmetrische Gelenkaffektion der Beingelenke scheint kleiner zu sein als für die der Armgelenke.

2. Bei Pol. rh. ac. besteht wahrscheinlich keine grössere Tendenz zu symmetrischer Gelenkaffektion bei jüngeren als bei älteren Individuen.

C. Die Verteilung der Gelenkaffektionen auf die Gelenke der rechten und linken Seite.

1. Bei Arthr. def. und Pol. rh. chron. Erwachsener verteilen sich die Gelenkaffektionen sowohl in den ganzen Materialgruppen als bei den Rechtshändern und wahrscheinlich auch bei den Linkshändern gewöhnlich nach der Regel. Dies gilt sowohl für die Anamnese als für den Status praesens.

2. Bei Pol. rh. ac. der Armgelenke folgen die Erscheinungen sowohl

in der Anamnese als im Status praesens in allen Altersklassen der aufgestellten Regel.

3. Bei Pol. rh. ac. in den Gelenken der unteren Extremitäten verteilen sich die Gelenkaffektionen sowohl in der Anamnese als im Status folgendermassen:

a) vor dem 7. Lebensjahr gegen die Regel.
b) etwa um das 10. Lebensjahr nach der Regel.
c) während der ersten Schuljahre ungefähr gleich auf die Gruppen »Nach der Regel» und »Gegen die Regel».

4. Die Verteilung der Gelenkveränderungen ist ziemlich stark von der Händigkeit abhängig.

III. Aus den erhaltenen Resultaten glaube ich folgende Schlüsse ziehen zu dürfen:

A. Die funktionellen Verhältnisse der Extremitätengelenke haben wahrscheinlich Bedeutung für die Entstehung und Entwicklung der Gelenkaffektionen bei Arthr. def. und Pol. rh. ac. sowie bei Pol. rh. chron.

B. Die funktionellen Asymmetrien sind wahrscheinlich, ausser in den ersten Schuljahren, in den Beinen ebenso gross wie in den Armen.

C. Die funktionellen Verhältnisse der Extremitäten sind wahrscheinlich folgende:

1. Bei Rechtshändern und bei Linkshändern fungiert während des ganzen Lebens der Arm der besser koordinierten Seite gewöhnlich stärker.

2. Entsprechendes gilt bei Kindern bis etwa zum 7. Lebensjahr für die unteren Extremitäten.

3. Während der ersten Schuljahre verteilen sich die funktionellen Beanspruchungen ungefähr gleich auf beide Beine.

4. Nach dem Alter von ca. 10 Jahren wird das schlechter koordinierte Bein stärker in Anspruch genommen.

5. Diese Umkehrung der funktionellen Verhältnisse der unteren Extremitäten dürfte auf folgenden Umständen beruhen:

a. Die Statik stellt grössere Anforderungen an das schlechter koordinierte Bein.
b. Die Händigkeit bewirkt stärkere Funktion des besser koordinierten Beines.
c. Bei Kindern sind die statischen Verhältnisse schwach entwickelt. Die Händigkeit dagegen tritt schon im Alter von ca. 1 Jahr hervor.
d. Mit zunehmendem Alter werden die statischen Verhältnisse immer mehr ausdifferenziert, weshalb der Einfluss der Beinigkeit bei älteren Kindern und Erwachsenen in den Hintergrund tritt.

D. Die morphologischen Extremitätenasymmetrien sind wahrscheinlich teilweise durch die funktionellen verursacht.

Kap. VI.

Die Bedeutung der Händigkeit für die Statik des Rückgrats und der Schädelbasis.

Fragestellungen. Literaturübersicht.

Im Jahre 1741 hat Cheselden darauf hingewiesen, dass das normale Rückgrat oft Krümmungen in der Frontalebene aufweist, und dass diese in der Thorakalpartie gewöhnlich nach rechts konvex sind. Diese Beobachtung ist von zahlreichen Forschern bestätigt worden, weshalb sie nicht bezweifelt zu werden braucht [Hasse u. Dehner (1893), Eulenburg (1865), Richer (1895), Schulthess (1902 u. 1905), Scholder (1903), Haglund (1909, 1916 u. 1923), v. Bardeleben (1909), Jansen (1913), Romich (1927) und Ludwig (1932)]. Während vieler Jahre sind die frontalen Rückgratskrümmungen Gegenstand intensiver Forschung gewesen. Trotzdem haben viele hiermit zusammenhängende Probleme noch nicht ihre Lösung gefunden. Meine Absicht war darauf gerichtet, zu untersuchen, erstens, ob ein Kausalzusammenhang zwischen den physiologischen Extremitätenasymmetrien und den physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen besteht, und zweitens, welche Bedeutung die letzteren für die Statik der Wirbelsäule und des Kopfes haben. Diese Fragen sind meiner Ansicht nach bisher nicht genügend beachtet worden.

Die frontalen Rückgratskrümmungen können auf viele verschiedene Weisen eingeteilt werden. Hinsichtlich der Ätiologie kann man folgende drei Gruppen aufstellen:

1. Frontale Krümmungen des normalen Rückgrats.

2. Skoliosen, hervorgerufen durch pathologische Veränderungen (z. B. reine Missbildungen des Rückgrats, Lungen- und Pleuraveränderungen, Lähmungszustände, pathologisch schräggestelltes Becken, pathologische Schrägbelastungen des Rückgrats, Rachitis usw.).

3. Skoliosen, die auf normalen Beanspruchungen eines insuffizienten Rückgrats oder auf zu grossen, aber physiologisch wirkenden Belastungen eines normalen Rückgrats beruhen.

Im folgenden sehe ich von den rein pathologischen Skoliosen ab (Gruppe 2) und beschäftige mich hauptsächlich mit den physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen (Gruppe 1) sowie bis zu gewissem Grade mit den Skoliosen von Gruppe 3.

Die frontalen Krümmungen des normalen Rückgrats sind gewöhnlich als physiologische Skoliose bezeichnet worden. Man hat sich indes gegen den Ausdruck Skoliose gewandt und gemeint, dass dieses Wort

pathologischen Zuständen vorzubehalten sei. Deshalb gebrauche ich im folgenden die Benennung »physiologische frontale Rückgratskrümmungen». Diese ist zwar schwerfällig, aber dafür adäquat.

Die Skoliosen der Gruppe 3 hat man unter anderem »habituelle Skoliose», »funktionelle Skoliose» oder »pubscent lateral curvature» genannt. Diese Bezeichnungen sind von den Forschern angewandt worden, welche die Haltungsanomalie als das wichtigste ätiologische Moment betrachten. Diejenigen, welche das Hauptgewicht auf Asymmetrien der Extremitäten und des Beckens gelegt haben, haben diese Rückgratskrümmung gewöhnlich »statische Skoliose» genannt [Nathan (1909), Hohmann (1932), Haglund (1909, 1916 u. 1923)]. Ich schliesse mich in gewissem Grade der letztgenannten Auffassung an und gebrauche deshalb im folgenden den Ausdruck »statische Skoliose», obgleich ich mir wohl bewusst bin, dass dieser Name inadäquat ist.

In der grossen Literatur über die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und die statische Skoliose werden diese beiden Begriffe oft miteinander vermengt. Dies dürfte vor allem auf folgenden Umständen beruhen:

1. Es kommen alle Grade von Krümmungen vor. Dieselbe Rückgratskrümmung kann von dem einen Forscher zu Gruppe 1 und von einem andern zu Gruppe 3 gerechnet werden.

2. Ungleiche Untersuchungstechnik und Erfahrung der Forscher haben zur Folge, dass das, was der eine als ein gerades Rückgrat betrachtet, von einem andern als ein skoliotisches angesehen wird.

3. Die Ätiologie dieser Rückgratskrümmungen ist nicht bekannt. Je nach ihrer Auffassung von dieser haben die einzelnen Autoren verschiedene Bezeichnungen eingeführt. Dies hat nicht selten Missverständnisse veranlasst.

Beim Studium mancher Arbeiten ist schwer zu erkennen, ob der Verfasser die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen oder die statische Skoliose oder beide gleichzeitig behandelt. Die nachstehenden Literaturangaben sind deshalb in einer kleineren Anzahl von Fällen unsicher. Dies spielt indes für meine Fragestellungen keine grössere Rolle, da ich bloss die statischen Verhältnisse des Rückgrats studiere, welche in beiden Gruppen grundsätzlich dieselben sein dürften (siehe unten).

Ich will das, was man bis jetzt über die Klinik dieser Rückgratskrümmungen weiss, sowie die Theorien über ihre Ätiologie kurz zusammenfassen.

Die Klinik und Ätiologie der »physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen» und der »statischen Skoliose».

Die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen haben folgende Merkmale:

1. Keine sicheren Deformationen der Wirbel.
2. Keine Bewegungsbeschränkung der Wirbelsäule.
3. Die Krümmungen können willkürlich ausgerichtet werden.
4. Die Krümmungen verschwinden ganz oder teilweise beim Liegen.

[Haglund (1909, 1916 u. 1923), Schede (1924), Hohmann (1932) u. a.] Die statische Skoliose zeigt alle Übergänge von sehr leichten bis zu schweren Formen. Die erstgenannten haben dieselben Kennzeichen wie die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen. Die letzteren weisen Deformation und Bewegungsbeschränkung auf und können nicht willkürlich ausgerichtet werden.

Frequenz.

Eine grössere, zuverlässige Untersuchung über die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen bei Kindern ist meines Wissens nach nicht ausgeführt worden. Der Grund hiervon dürfte sein, dass es bei Kindern ganz besonders schwierig ist, die Grenze zwischen den physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und der statischen Skoliose zu ziehen. Deshalb sind diese beiden Gruppen gewöhnlich gleichzeitig behandelt worden. Ihre gemeinsame Frequenz bei Kindern in den ersten Schuljahren beträgt bei klinischer Untersuchung ca. 25 % und ist bei Mädchen grösser als bei Knaben [Wisser (1891), Krug (1894), Scholder (1903), Haglund (1909, 1916 u. 1923), Port (1914), Hasselwander (1931)].

Alle Forscher sind darüber einig, dass die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen nicht bei kleinen Kindern vorkommen. Sie können erst im Alter von 7—8 Jahren konstatiert werden [Pintschovius (1899), Péré (1900), Schulthess (1905), Gaupp (1909), Haglund (1909, 1916 u. 1923), Romich (1927), Martin (1928), Hasselwander (1931), Ludwig (1932) u. a.].

Bloss ein geringer Teil der statischen Skoliosen der Kinder bleibt bis ins erwachsene Alter hinein bestehen. Die übrigen gehen in physiologische frontale Rückgratskrümmungen über. Diese sind bei 70—90 % aller Erwachsenen zu konstatieren [Hasse u. Dehner (1893), Péré (1900), Jansen (1913)].

Lokalisation.

Die frontalen Krümmungen sind im grossen und ganzen an die betreffenden anatomischen Regionen des Rückgrats gebunden. Indes finden sich individuelle Variationen. Der Vertex der thorakalen Krümmung liegt gewöhnlich zwischen Th_6 und Th_9 [Haglund (1909 u. 1916), Romich (1927) u. a.]. Die entsprechende Partie der zervikalen und der lumbalen Skoliose liegt nach Jansen (1913) oft in der Nähe des kranialen bzw. kaudalen Endes der Thorakalregion.

Richtung.

Ein Material von physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und statischer Skoliose lässt sich nach der Richtung der Krümmungen in folgende Gruppen einteilen:

1. Linkskonvexe Skoliose, die sich durch das ganze Rückgrat erstreckt, sog. linkskonvexe Totalskoliose.
2. Spiegelbild der vorigen Form, sog. rechtskonvexe Totalskoliose.
3. Linkskonvexe Lumbal- und rechtskonvexe Thorakalskoliose, eventuell kombiniert mit linkskonvexer Zervikalskoliose.
4. Spiegelbild der vorigen Form.

Das Frequenzverhältnis dieser Gruppen zueinander wird in der Literatur sehr verschieden angegeben. Früher hat man nämlich wenig Rücksicht auf die Form der Lumbalwirbelsäule genommen. Der Grund hiervon ist, dass die frontalen Rückgratskrümmungen am stärksten in der Thorakalpartie hervortreten. Sie werden hier auch am leichtesten bei einem unvollständig entkleideten Patienten wahrgenommen. Infolgedessen haben frühere Autoren gewöhnlich angenommen, dass die obigen Gruppen 1 und 2 70 % bzw. 20 % der physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und der statischen Skoliose bei Schulkindern umfassen [Krug (1894) 1418 Fälle, Scholder (1903) 2314 Fälle]. Jetzt weiss man jedoch, dass die Gruppen 1 und 2 ungewöhnlich sind, und dass die Hauptmasse der Fälle den Gruppen 3 und 4 angehört. Die Frequenz der beiden erstgenannten ist indes bei jüngeren Individuen relativ grösser als bei älteren [Haglund (1916 u. 1923)].

Früher war man geneigt, die thorakale Krümmung als primär und die lumbale bzw. zervikale als sekundär aufzufassen [Béclard (1813), Bichat (1829), Volkmann (1869), Krug (1894), Zuppinger (1901), Scholder (1903)]. Diese Vorstellungen hält man jetzt für unrichtig. Haglund (1916 u. 1923) hat nämlich an einem grossen Material von Kindern und Erwachsenen gezeigt, dass die, welche eine Totalskoliose haben (Gruppe 1 oder 2), allmählich eine kombinierte Skoliose (Gruppe 3 oder 4) bekommen. Dies bedeutet, dass die lumbale Krümmung als primär, die thorakale und die zervikale als sekundär bzw. tertiär angesehen werden müssen. Haglund hat durch klinische und röntgenologische Untersuchung die Krümmungen der Interspinallinie und der Wirbelkörpersäule bei Individuen mit statischer Skoliose verglichen. In Fällen mit totalskoliotischer Interspinallinie weist die Wirbelsäule oft kombinierte Skoliose auf. Man kann also nach dem Äusseren nicht mit Sicherheit entscheiden, ob eine Skoliose total oder kombiniert ist.

In den Gruppen 1 und 2 besteht ein vom statischen Gesichtspunkt unbefriedigender Zustand. In Normalstellung liegt nämlich der Schwerpunkt des Körpers schräg im Verhältnis zur Unterstützungsfläche. Hierin erblickt man die Ursache für die starke Neigung der totalen

Skoliosen, in kombinierte überzugehen [Haglund (1916 u. 1923), Romich (1927) u. a.].

Die Frequenzen für Gruppe 1 bzw. 3 sind ungefähr viermal so gross wie die für Gruppe 2 bzw. 4 [Bouvier (1837), Eulenburg (1865), Krug (1894), Richer (1895), Péré (1900), Scholder (1903), Schulthess (1905), v. Bardeleben (1909), Gaupp (1909), Haglund (1909, 1916 u. 1923), Jansen (1913), Romich (1927), Ludwig (1932)]. Deshalb hat Haglund (1909, 1916 u. 1923) die unter Punkt 3 bzw. 4 beschriebenen Skolioseformen als »normalstatische Skoliose» bzw. »invertierte statische Skoliose» bezeichnet. Da der Name »normalstatische Skoliose» Eingang in die Literatur gefunden hat, gebrauche ich ihn im folgenden.

Ätiologie.

Über die Ätiologie der physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und der statischen Skoliose sind zahlreiche Theorien aufgestellt worden. Es würde zu weit führen, hier auch nur in Kürze über sie alle zu berichten. Ich will deshalb nur eine Übersicht über die wichtigsten geben, damit der Leser den Wert meiner nachstehend dargelegten Auffassung leichter beurteilen kann.

Ich habe die ätiologischen Momente in 4 grosse Gruppen eingeteilt: genotype, funktionelle, statische und prädisponierende.

Diese Einteilung hat viele Mängel. Ich mache sie nur, um dem Leser einen besseren Überblick über diesen Wirrwarr von Theorien zu ermöglichen.

I. Genotype Ursachen.

a. Die asymmetrische Lage des Fötus im Uterus soll [nach Stadfeldt (1864) und Hasse u. Dehner (1893)] frontale Rückgratskrümmungen verursachen. Dies erscheint unwahrscheinlich, weil solche gesetzmässigen Krümmungen bei Neugeborenen oder kleinen Kindern nicht konstatiert worden sind.

b. Nach Schede (1924) sind die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen eine Teilerscheinung der Spiralbiegung, die sich bei den meisten Tierorganismen findet. Der Wert dieser Behauptung dürfte sich schwer beurteilen lassen.

c. Man hat früher angenommen, dass die linksseitige Lage des Herzens und der Aorta die Ursache der rechtskonvexen Thorakalskoliose sei. Dieselbe Wirkung hat man dem Umstand zugeschrieben, dass die Eingeweide der rechten Körperhälfte grösseres Gewicht haben als die der linken [Desruelles (1841), Struthers (1863), Meyer (1866), Gaupp (1909)]. Diese Auffassungen werden dadurch widerlegt, dass Individuen mit Situs inversus ziemlich selten rechtskonvexe Totalskoliose oder invertierte, statische Skoliose haben [Péré (1900)].

d. Einige Autoren [Gaupp (1909), Stieve (1921), Martin (1928)

u. a.] nehmen an, dass ein erblich bedingter Wachstumsunterschied zwischen den rechten und linken Hälften der Wirbelkörper die Ursache der physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und der statischen Skoliose sei. Eine solche Ätiologie kann nicht für unmöglich erklärt werden, da sehr kleine Unterschiede bei jedem einzelnen Wirbelkörper durch Summierung denkbarerweise den genannten Effekt haben könnten. Beweise für die Richtigkeit dieser Theorie sind indes nicht erbracht worden. Augenfällige Asymmetrie der Wirbelkörper findet sich bei den physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen nicht, sondern bloss bei hochgradigen Formen von statischer Skoliose. Ich halte es deshalb für ziemlich wahrscheinlich, dass dieser Unterschied sekundär gegenüber einer Schrägbelastung der Wirbel in den Wachstumsjahren ist. Ein stärkerer Druck kann nämlich möglicherweise die Wachstumsgeschwindigkeit verringern.

II. Funktionelle Ursachen.

a. Die Theorie, dass asymmetrische funktionelle Verhältnisse die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und die statische Skoliose hervorrufen, ist seit langem Gegenstand der wissenschaftlichen Erörterung. Dabei hat man in erster Linie an die Händigkeit gedacht. Die stärkere Beanspruchung des rechten Armes bei der Arbeit, sein grösseres Gewicht und die kräftigere Ansatzmuskulatur des Schultergürtels auf der rechten Seite; alles dies sollen Faktoren sein, die eine rechtskonvexe Thorakalskoliose herbeiführen können [Béclard (1813), Bichat (1829), Heath (1878), Vogt (1883), Albrecht (1885), Richer (1897), Gaupp (1909), Godin (1910), Port (1914), Pusch (1924), Martin (1928) u. a.]. Diese Auffassung ist vermutlich unrichtig, weil die Thorakalskoliose nachweislich sekundär gegenüber der Lumbalskoliose ist (siehe S. 292).

b. Die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und die statische Skoliose treten, wie oben bemerkt, erst in den ersten Schuljahren auf. Deshalb hat man diese Rückgratskrümmungen in Kausalzusammenhang mit dem Schreiben bringen wollen [Schenk (1885), Wisser (1891), Krug (1894), Schulthess (1902), Scholder (1903), Jansen (1913), Martin (1928), Gaugele (1934) u. a.]. Dabei hat man sich gewöhnlich die Thorakalskoliose als die primäre gedacht. Scholder, Weith und Combé (1903), Haglund (1909, 1916 u. 1923), Chlumsky (1910), Hasselwander (1931) u. a. haben jedoch diese Annahmen gründlich widerlegt. Die Theorie dürfte deshalb jetzt als aufgegeben angesehen werden können.

III. Statische Ursachen.

a. Das Becken hat unter normalen Verhältnissen gesetzmässige Asymmetrien in $> 80\,\%$. Das Sacrum zeigt eine Krümmung in der Frontalebene, die nach der entgegengesetzten Seite gerichtet ist wie die

der Lumbalwirbelsäule. In der Beckenhälfte, die der konkaven, lateralen Fläche des Sacrum anliegt, ist das Os ilium schmaler und höher, und die Spina ilica ventralis liegt mehr ventral [Hasse (1891), v. Bardeleben (1909), Gaupp (1909) u. a.]. Die normalen Asymmetrien des Beckens sind so beschaffen, dass sie die Statik des Rückgrats nicht beeinflussen dürften. Sie dürften also [im Gegensatz zu der Behauptung von Gaupp (1909) und anderen] keine Bedeutung für die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen oder die statische Skoliose haben.

b. Viele Forscher haben angenommen, dass eine Schrägstellung des Beckens infolge verschiedener Länge der unteren Extremitäten die Ursache der physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und der statischen Skoliose sein könne. Eine solche Asymmetrie hat zur Folge, dass die Längsachse der unteren Partie der Wirbelsäule einen Winkel mit der Sagittalebene bildet. Bei grosser Längenverschiedenheit der unteren Extremitäten treten immer frontale Rückgratskrümmungen ein. Die Konvexität der Skoliose des Lendenrückgrats ist regelmässig nach der Seite gerichtet, deren Bein kürzer ist. Man hat deshalb diese Ätiologie bereits vermutet, bevor die physiologischen Extremitätenasymmetrien konstatiert waren. Solange man diese nur bei Erwachsenen kannte, war es schwer verständlich, dass ein solcher Zusammenhang existieren könne. Wenn nämlich die Extremitätenasymmetrien die Ursache der frontalen Rückgratskrümmungen sind, so müssen sie in erster Linie eine rechtskonvexe Lendenskoliose hervorrufen. Das Problem trat in ein neues Stadium, als man fand, dass das rechte Bein bei Kindern gewöhnlich länger ist. Der Zusammenhang zwischen den physiologischen Extremitätenasymmetrien und der Form der statischen Skoliose ist überzeugend von Haglund (1909 und 1916) u. a. nachgewiesen worden. Als Gründe gegen diese Auffassung hat man angeführt:

1. dass die Beine selten verschieden lang seien, während die statische Skoliose gewöhnlich sei,
2. dass man bei Skoliose oft keine Asymmetrien in der Länge der Beine finde.

Der erste Einwand ist, wie ich in Kap. IV dargelegt habe, unrichtig. Der zweite wird unter anderm durch Staffels (1885) Feststellung widerlegt, dass bei 62 von 66 Kindern mit leichter linkskonvexer Lendenskoliose sicher das linke Bein kürzer war als das rechte. Haglund (1909, 1916 u. 1923) hat hinsichtlich der statischen Skoliose darauf hingewiesen, dass man die Länge der Extremitäten zur Zeit der Entstehung der Rückgratskrümmungen berücksichtigen muss. Eventuell vorhandene Extremitätenasymmetrien bei der Untersuchung spielen dagegen keine Rolle. Die erhobenen Einwände dürften also unbegründet sein.

Romich (1927) hat behauptet, dass die Stellung des Beckens grosse Bedeutung für die Entstehung frontaler Rückgratskrümmungen hat. Abb. 7 gibt eine schematische Darstellung der physiologischen fron-

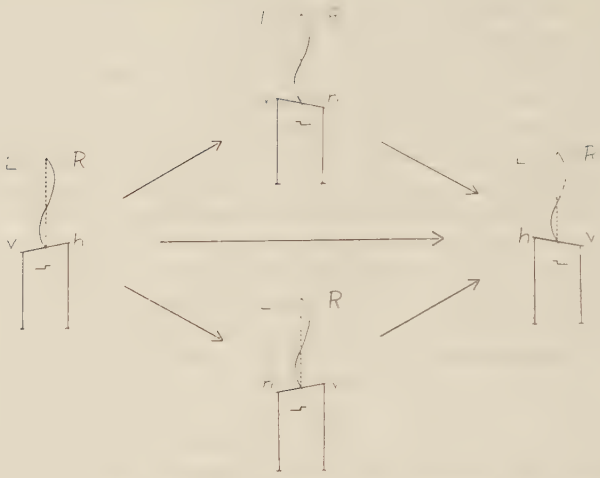


Abb. 7. Skizze der Extremitäten- und Beckenasymmetrien und der physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen in verschiedenen Altern. R = rechts. L = links. v = Becken ventral rotiert. h = Becken dorsal rotiert.
Die linke Figur = die gewöhnlichste Form bei Kindern.
Die rechte Figur = die gewöhnlichste Form bei Erwachsenen. Die mittleren Figuren sind Übergangsformen.

talen Rückgratskrümmungen, der Beinlänge sowie der Stellung des Beckens in verschiedenen Lebensaltern. Das linke Bild zeigt die bei Kindern gewöhnlichste Form. Die Abbildung rechts gibt den gewöhnlichsten Zustand bei Erwachsenen wieder. Die beiden mittleren Bilder stellen Übergangsformen zwischen den erstgenannten dar. Aus diesem Schema geht hervor, dass die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und die statische Skoliose denkbarerweise durch die Schrägstellung des Beckens während der Kinderjahre beeinflusst sein können. Bemerkenswert ist, dass die frontalen Krümmungen das ganze Leben hindurch unverändert bestehen bleiben, obgleich sich das Längenverhältnis der unteren Extremitäten umkehrt. Diese Theorie stimmt gut mit klinischen Befunden bei den physiologsichen frontalen Rückgratskrümmungen und der statischen Skoliose überein (siehe oben). Beweise für ihre Richtigkeit sind indes nicht erbracht worden.

c. Vereinzelt hat man den Gedanken ausgesprochen, dass statische Skoliose durch asymmetrische Belastung der Halswirbelsäule hervorgerufen werde [Schultheß (1902) u. a.]. Diese Ansicht ist wahrscheinlich unrichtig, da die Skoliosen in der Lendenpartie beginnen.

IV. Prädisponierende Momente.

Über die Momente, die zu statischer Skoliose prädisponieren, sind verschiedene Theorien aufgestellt worden. Man bewegt sich hier auf

einem wenig erforschten Gebiet, weshalb die Begriffe diffus sind und die Nomenklatur unsicher ist.

a. Die statische Skoliose soll [nach HAGLUND (1909, 1916 u.1923), SCHANZ (1911, 1921 und 1931), FARKAS (1924), PUSCH (1924), SCHEDE (1924 u. 1927—28), KOCHS (1927) u. a.] auf einer funktionellen Insuffizienz beruhen. Dies besagt, dass die mechanischen Beanspruchungen stärker sind als die Widerstandskraft der Rückenmuskulatur. Eine funktionelle Insuffizienz soll vor allem bei Individuen mit schlechter Muskulatur eintreten, speziell wenn diese grösseren Beanspruchungen ausgesetzt wird. Man nimmt an, dass die Muskulatur bei Kindern relativ schwächer ist als bei Erwachsenen. Weibliche Individuen haben gewöhnlich eine schlechter entwickelte Muskulatur als männliche. Dies soll der Grund sein, weshalb statische Skoliose besonders bei Mädchen auftritt. Das Schulalter ist speziell betroffen, weil die Rückenmuskeln der Kinder dann durch das Stillsitzen besonders starken Beanspruchungen ausgesetzt sind. Wenn die Muskulatur versagt, nimmt die Wirbelsäule eine Form, die sog. Ruhestellung, ein, die zum grössten Teil durch die Form der Wirbel und der Intervertebralscheiben, die Anordnung der Ligamente sowie die rein statischen Verhältnisse des Körpers bestimmt ist [SCHEDE (1927—28)]. Dabei sollen sich die regelmässigen Typen von Skoliose ausbilden.

Es dürfte sehr schwierig sein, die Richtigkeit dieser Auffassung zu beweisen. In der Literatur findet man keine ernsteren Einwände gegen dieselbe, und sie scheint auch mit den Jahren immer mehr Anhänger gewonnen zu haben. Eigentümlicherweise ist diese Theorie nur auf die statische Skoliose angewandt worden.

b. NATHAN (1909), SCHANZ (1911), SCHEDE (1924 u. 1927—28), KOCHS (1927), ENGELMANN (1928) u. a. erblicken die Ursache der statischen Skoliose in einer gewissen Erweichung der Gewebe des Rückgrats. Diese wird oft »Rachitis» im weitesten Sinne genannt. Sie soll besondere Neigung haben, um die Zeit der Pubertät aufzutreten. Soweit ich finden kann, ist dies nur eine Theorie, deren Richtigkeit nicht bewiesen werden konnte. Da sie die spezielle Form des Rückgrats bei statischer Skoliose nicht zu erklären vermag, gehe ich hier nicht näher auf sie ein.

Der Übersichtlichkeit halber fasse ich die positiven Ergebnisse der obigen Übersicht folgendermassen zusammen:

1. Primär entsteht eine Skoliose in der Lendenregion.
2. Diese setzt sich vermutlich einige Zeit kranial in Form einer einphasigen Totalskoliose fort.
3. Hierauf entstehen isolierte frontale Krümmungen in der Thorakal- bzw. Zervikalregion. Die erstere ist sekundär gegenüber der Lumbal-, die letztere gegenüber der Thorakalskoliose.

4. Die Krümmung in der Thorakalregion hat entgegengesetzte Richtung wie die lumbale. Die Hals- und Lendenskoliose haben dieselbe Richtung.

5. Physiologische frontale Rückgratskrümmungen und statische Skoliose können durch einfache klinische Untersuchung erst im Alter von 6—10 Jahren konstatiert werden.

6. Die Totalskoliose ist selten bei älteren Kindern und Erwachsenen.

7. Bei klinischer Untersuchung diagnostizierte Totalskoliose ist oft in Wirklichkeit eine kombinierte Skoliose in der Wirbelkörpersäule.

8. Die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und die statische Skoliose können durch einfache klinische Untersuchung von Schulkindern in insgesamt ca. 25 % konstatiert werden.

9. Die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen werden nach derselben Methode bei Erwachsenen in 90 % festgestellt.

10. Die Anzahl Fälle von statischer Skoliose ist bei Kindern relativ grösser als bei Erwachsenen und bei Frauen grösser als bei Männern.

11. Die Totalskoliose ist in ca. 80 % linkskonvex und in ca. 20 % rechtskonvex.

12. Die kombinierte Skoliose ist in ca. 80 % »normalstatisch», d. h. im Lumbalteil linkskonvex, im Thorakalteil rechtskonvex und im Zervikalteil linkskonvex. In ca. 20 % zeigen die Krümmungen das Spiegelbild der »normalstatischen» Form.

13. Die primäre Ursache ist also derart, dass sie in ca. 80 % eine linkskonvexe und in ca. 20 % eine rechtskonvexe Lumbalskoliose hervorruft.

14. Eine Schrägstellung des Beckens in der Frontalebene und damit auch im untersten Teil der Wirbelsäule führt eine primäre Skoliose in der Lumbalregion herbei.

15. Die Konvexität der Lendenskoliose ist nach der Seite gerichtet, deren Beckenhälfte niedriger steht.

16. Eine solche Schiefheit tritt bei verschiedener Länge der unteren Extremitäten ein.

Der Zusammenhang zwischen den funktionellen und morphologischen Extremitätenasymmetrien und den »physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen».

Eigene Theorie.

Lassen sich die angeführten Tatsachen zu einer einheitlichen Auffassung vereinigen? Die bisherigen Untersuchungen geben keine Antwort auf diese Frage. Durch Literaturstudium und Beobachtungen an ungefähr 1000 gesunden und kranken Individuen bin ich zu der nachstehend dargestellten Ansicht gelangt. (Mein Material ist so uneinheitlich, dass mir seine systematische Bearbeitung nicht lohnend erschien.)

Es erscheint wahrscheinlich, dass die Schrägstellung des Beckens die

primäre Ursache der physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und der statischen Skoliose ist. Eine solche Schrägstellung findet sich schon bei kleinen Kindern, da die unteren Extremitäten bei diesen selten gleich lang sind. Deshalb kann sich die Asymmetrie schon in den ersten Lebensjahren geltend machen, in denen die Statik sozusagen geschaffen werden soll. Zu diesem ätiologischen Faktor treten dann eine ganze Anzahl andere hinzu, z. B. bei Rechtshändern das grössere Gewicht des rechten Arms, die stärkere Entwicklung der rechtsseitigen Schultermuskulatur, die grössere Anwendung des rechten Arms bei der Arbeit usw. und umgekehrt bei Linkshändern. Diese letzteren Faktoren können eventuell die Ursache der konstanten skoliotischen Form des Rückgrats trotz der Veränderung der Beckenstellung um die Pubertätszeit sein. Diese ätiologischen Momente sind letzten Endes durch die Händigkeit bestimmt. In Kap. III habe ich darauf hingewiesen, dass es alle Übergänge zwischen extremen Rechts- und Linkshändern gibt. Dies muss bedeuten, dass der Einfluss dieser Faktoren auf das statische System individuell sehr verschieden ist. Als Stütze für diese Auffassung führe ich folgendes an:

1. Haglund (1909) fand Linkshändigkeit in 38,1 ± 10,6 % bei Kindern mit rechtskonvexer Lendenskoliose. Die entsprechende Frequenz für das ganze Material ist 1,66 ± 0,31 %. Dies bedeutet, dass Haglund bloss extreme Fälle als linkshändig bezeichnet hat. Die angegebenen Frequenzen dürften deshalb in Wirklichkeit erheblich grösser gewesen sein. Vor allem gilt dies für die Gruppe der Linkshänder.

2. In einem Material von Individuen mit physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen oder statischer Skoliose haben ca. 80 % linkskonvexe und der Rest rechtskonvexe Lendenskoliose. Bei Kindern ist in etwa 80 % das rechte Bein länger als das linke. Es erscheint deshalb ziemlich wahrscheinlich, dass ein Kausalzusammenhang zwischen der Form des Rückgrats bei physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und statischer Skoliose einerseits sowie den physiologischen Extremitätenasymmetrien andererseits besteht.

Vom Gesichtspunkt der Form liegt offenbar nur ein Gradunterschied zwischen den physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und der statischen Skoliose vor. Die Grenze zwischen beiden ist deshalb diffus. Hieraus dürften sich die wechselnden Angaben in der Literatur über die Häufigkeit dieser beiden Formen frontaler Rückgratskrümmungen erklären. Deshalb liegt die Annahme nahe, dass die statische Skoliose eine Weiterentwicklung der physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen ist. Wenn die letzteren in einem normalen Rückgrat bei normaler Belastung und physiologischen statischen Verhältnissen entstehen, dürfte die statische Skoliose durch eine Überbelastung eines normalen Rückgrats oder normale Belastung einer insuffizienten Wirbelsäule bei demselben statischen Zustand hervorgerufen werden können. Für eine solche Annahme spricht:

1. Frauen und Kinder, die eine relativ schwächere Muskulatur haben, weisen häufiger statische Skoliose auf als Männer.
2. Statische Skoliose bei Kindern durch Trainieren der Muskulatur geht in physiologische frontale Rückgratskrümmungen über.
3. Man hat keinen Unterschied in der Frequenz der physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen zwischen Männern und Frauen beobachtet.

In der Literatur wird das Verhältnis zwischen den physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und der statischen Skoliose selten erörtert. Haglund (1909) lehnt meine hier dargelegte Auffassung ab. Als Grund gibt er an, dass die statische Skoliose nur in 80 % »normalstatisch» sei. Die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen, welche nach Haglunds Ansicht auf Asymmetrien der Eingeweide beruhen, dürften praktisch immer rechtskonvex im Thorakalteil sein. Haglunds Auffassung von der Ätiologie und Frequenz der physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen dürfte unrichtig sein (siehe oben), weshalb ich seinen Einwand unbeachtet lasse.

Meine hier dargelegte Ansicht von der Ätiologie und dem inneren Zusammenhang der physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und der statischen Skoliose ist als eine Theorie zu betrachten. Die bisher vorliegende Literatur enthält, soweit ich finden konnte, nichts, was ihrer Richtigkeit direkt widerspricht. Wegen des Mangels an Untersuchungen über die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen im Kindesalter müssen die Annahmen als schlecht begründet angesehen werden. Um sie zu verifizieren, müsste man unter anderm nachweisen können:

1. physiologische frontale Rückgratskrümmungen bei Kindern schon vor dem Schulalter,
2. eine hohe Frequenz der physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen bereits bei Kindern,
3. dieselben asymmetrischen Belastungsverhältnisse des Rückgrats bei Kindern und bei Erwachsenen,
4. ungefähr identische Verhältnisse hinsichtlich der Anzahl rechtsseitiger und linksseitiger Skoliosen bei Kindern und bei Erwachsenen.

Alles dies sind Fragen, die meines Wissens wenig oder gar nicht in der Literatur behandelt worden sind. Der Grund hiervon dürfte sein, dass es äusserst mühsam und eine sehr heikle Sache ist, Kinder in diesen Beziehungen zu untersuchen, weil die frontalen Rückgratskrümmungen bei ihnen ständig wechseln. Man müsste deshalb jedes Untersuchungsobjekt während längerer Zeit beobachten, um eine Möglichkeit zu haben, die gewöhnlichste Form des Rückgrats festzustellen. Trotzdem würde man nicht imstande sein, die Belastungsverhältnisse

im Rückgrat zu beurteilen. Dies beruht auf der mangelnden Übereinstimmung zwischen dem Verlauf der Interspinallinie und dem der Wirbelkörpersäule. Nicht einmal Röntgenphotographie der Wirbelsäule könnte sichere Ergebnisse liefern. Hierdurch würde man nämlich nur eine Vorstellung von der Form des Rückgrats in einem bestimmten Augenblick erhalten.

Um mir, wenn möglich, ein Urteil über die gewöhnlichsten Belastungsverhältnisse in der Wirbelsäule bilden zu können, habe ich das obere Nackengelenk untersucht. Kann ich nämlich deutliche Veränderungen dieses Gelenkes konstatieren, die auf asymmetrischer Belastung beruhen, und beweisen, dass diese durch die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen verursacht werden, so habe ich eine meines Erachtens gute Methode erhalten, mit der ich die gestellten Probleme behandeln kann.

Vor Besprechung meiner eigenen Untersuchungen will ich kurz auf Folgendes eingehen:

1. Die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen in der Zervikalregion.
2. Die Asymmetrien des Schädels.
3. Die Asymmetrien des Gehirns.
4. Die Belastungsverhältnisse im oberen Nackengelenk bei verschiedenen skoliotischen Zuständen.

Die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen in der Zervikalregion.

Die Angaben in der Literatur über die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen in der Halsregion sind spärlich. Dies beruht vermutlich auf der Schwierigkeit, bei äusserer Untersuchung leichtere Skoliosen in der Halsgegend festzustellen, da die Proc. spinales daselbst nicht sicher getastet werden können. Die frontale Biegung des Halsrückgrats ist nach der entgegengesetzten Seite gerichtet wie die der Thorakalwirbelsäule und sekundär gegenüber dieser (siehe oben). Die zervikale Krümmung muss deshalb etwas seltener oder ebenso häufig sein wie die thorakale. Eine genaue Angabe konnte ich in der Literatur nicht finden. Wenn asymmetrische Belastungsverhältnisse im oberen Nackengelenk auftreten, spricht dies also stark dafür, dass die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen in der ganzen Wirbelsäule ausgebildet sind.

Dieser Schluss ist nur unter der Voraussetzung richtig, dass die Okzipitalkondylen demselben Druck ausgesetzt sind, wenn der Kopf in Normalstellung steht und die Wirbelsäule gerade gehalten wird.

Damit komme ich auf das lebhaft erörterte Problem der Asymmetrien des Schädels und des Gehirns bei Kindern und Erwachsenen.

Die Asymmetrien des Schädels.

Im Zusammenhang mit dem Partus entstehen gewisse Veränderungen der Kopfform des Kindes. Man nimmt an, dass diese in ca. 2 Wochen zurückgehen. Auch nach dieser Zeit finden sich Asymmetrien zwischen den beiden Schädelhälften. Diese bestehen in einer Ventralverschiebung einer der beiden Schädelhälften. Die Frequenz der asymmetrischen Fälle beträgt 40—70 %. Die Ventralverschiebung scheint beide Seiten ungefähr gleich oft zu betreffen, möglicherweise die linke etwas häufiger. Diese Asymmetrien haben keinen Zusammenhang mit Fötuslage, Partus oder Statik, sondern werden auf Vererbung zurückgeführt [Holl (1916), Weiss (1923—24), Frommolt u. Caffier (1927) u. a.]. Die Asymmetrien des Kopfes entwickeln sich mit zunehmendem Alter und erreichen ihre endgültige Ausformung bei Erwachsenen [v. Bardeleben (1909), Günther (1923)]. Man hat keine grösseren Untersuchungen an Material von Kindern in verschiedenem Alter ausgeführt, weshalb diese Behauptungen als ziemlich unsicher betrachtet werden müssen.

Über die Schädelasymmetrien bei Erwachsenen liegen zahlreiche Arbeiten vor. Ich will in diesem Zusammenhang nur die Asymmetrien berühren, die denkbarerweise mit statischen Verhältnissen der Wirbelsäule zusammenhängen können.

Das Volumen der beiden Schädelhälften dürfte ungefähr gleich gross sein. Grosse, sorgfältige Untersuchungen haben nämlich keine sicheren Unterschiede ergeben [Inglessis (1925), Hoadley (1929) u. a.]. Die linke Schädelhälfte ist oft im Verhältnis zur rechten ventralwärts verschoben [Weber (1822), v. Török (1888), Selenka (1900), v. Bardeleben (1909), Karvé (1931)]. Diese Verschiebung umfasst den grössten Teil des Schädels. Eigentümlicherweise bilden die Hinterhauptskondylen hierbei eine Ausnahme.

Bei Föten und kleinen Kindern sind die Kondylen nahezu oval und liegen relativ mehr medial als bei älteren Individuen. Mit zunehmendem Alter bekommen sie ihre charakteristische nierenartige Form, setzen sich stärker von der Umgebung ab, und werden weiter lateralwärts verschoben, während gleichzeitig der dorsale Teil des Kondylus stark wächst. Bei Erwachsenen zeigt die Form der Kondylen starke individuelle Variationen. Die räumliche Einstellung der Gelenkflächen sind jedoch ziemlich konstant [Arnold (1845), Engel (1863), Strecker (1887), Hagen (1900), Misch (1905), Hultkrantz (1912), Bolk (1921)].

Nach Strecker (1887) und Martin (1928) weisen die Kondylen schon bei der Geburt Asymmetrien auf. Dies wird von v. Hansemann (1908) bestritten, welcher der Ansicht ist, dass dieselben erst im Alter von 8 Jahren entstehen. Ihre Existenz bei Erwachsenen ist nicht in Abrede gestellt worden. v. Hansemann (1908), welcher 220 Schädel Erwachsener untersucht hat, gibt an, er habe in 91,5 % der Fälle Asymmetrien konstatiert. (Den Charakter derselben beschreibt er nicht

näher.) Der rechte Kondylus soll grösser sein und mehr ventral liegen [Stadfeldt (1864), Strecker (1887), Morselli (1890), Misch (1905), v. Hansemann (1908)].

Die Asymmetrien des Gesichts und des Kopfes bei Erwachsenen hat man als eine skoliotische Krümmung aufgefasst. Diese findet sich sowohl im Gesichts- als im Neurokranium. Die Gesichtsskoliose ist gewöhnlich rechtskonvex Stadfeldt (1864), Coraini (1901), Schreiber (1907), Liebreich (1908), v. Bardeleben (1909), Ludwig (1932), Busse (1936)]. Nach Romich (1927 u. 1933) ist die Anzahl Fälle mit rechts- bzw. linkskonvexer Gesichtsskoliose ungefähr gleich gross. Individuen mit rechtskonvexer Thorakalskoliose sollen in 50 % gleichgerichtete Gesichtskrümmung haben. In der andern Hälfte der Fälle soll die frontale Krümmung des Kopfes und des Halses einen gemeinsamen linkskonvexen Bogen bilden. Alle Individuen mit linkskonvexer Thorakalskoliose sollen gleichgerichtete Gesichtskrümmung haben. (Die Ursache dieser Verteilung wird von Romich nicht angegeben.) Dies würde bedeuten, dass die linkskonvexe Kopfskoliose etwas häufiger ist als die rechtskonvexe (Verteilung ca. 3: 2). Romichs Arbeiten enthalten keine nähere Beschreibung des Untersuchungsmaterials oder der Untersuchungstechnik. Deshalb kann man sich schwer ein sicheres Urteil über den Wert dieser Resultate bilden. Sie werden durch Karvés (1931) rein anthropologische Untersuchung an 150 Schädeln gestützt. Dieser kam nämlich zu folgenden Ergebnissen:

1. Die Asymmetrien des Schädels sind ausserordentlich häufig.

2. Die Skoliose des Kopfes ist ungefähr ebenso häufig rechts- wie linkskonvex.

3. Es besteht Übereinstimmung zwischen den Asymmetrien in den verschiedenen Teilen derselben Schädelhälfte.

Busse (1936), welcher 468 Personen untersuchte, ist der Ansicht, dass das Gesicht in 59,4 % rechtskonvexe und in 40,6 % linkskonvexe Skoliose aufweist. Es dürfte als bewiesen angesehen werden können, dass die Gesichtsskoliosen ungefähr ebensooft rechts- wie linkskonvex sind.

Folgende Theorien über die Ätiologie der Schädelasymmetrien dürften in diesem Zusammenhang von speziellem Interesse sein:

1. Sie sind Teilerscheinungen der erbbedingten Körperasymmetrien des Fötus Stadfeldt (1864), Frommolt u. Caffier (1927), Martin (1928)].

2. Sie entstehen durch Druck des Beckens der Mutter auf den Kopf des Fötus während der intrauterinen Periode [Liebreich (1908), Frommolt u. Caffier (1927), Martin (1928)].

3. Sie sind sekundär gegenüber den Asymmetrien der Wirbelsäule [Staub (1921), Romich (1927), Martin (1928)].

Die Richtigkeit der ersten Theorie lässt sich schwer beweisen. Es würde sich um eine erblich bedingte Asymmetrie des Kopfes handeln,

welche erst bei älteren Kindern und Erwachsenen auftritt. Die Ansicht unter Punkt 2 kann gänzlich von der Hand gewiesen werden, da die Fötuslage nachweislich keinen Einfluss auf die Schädelasymmetrien bei Kindern hat. Es ist seit langem bekannt, dass bei pathologischen Skoliosen leicht wahrnehmbare Asymmetrien des Kopfes entstehen. Diese treten zuerst im Neurokranium und sekundär im Gesicht auf [Feil (1921)]. Es ist deshalb wahrscheinlich, dass die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und die statische Skoliose auch sekundäre Schädelasymmetrien hervorrufen können. Wenn dies der Fall ist, müssen sie:

1. in der Unterstützungsfläche des Schädels (im oberen Nackengelenk) beginnen,

2. später als oder möglicherweise gleichzeitig mit den physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und der statischen Skoliose der Wirbelsäule auftreten,

3. sich sekundär nach anderen Teilen des Kopfes ausbreiten.

Die Ätiologie der Asymmetrien der Hinterhauptskondylen ist nur wenig behandelt worden. Man hat sie ohne Begründung oder mit unrichtigen Argumenten mit erblichen Verhältnissen, dem Schreiben usw. in Verbindung gebracht. Niemand hat auf ihren eventuellen Kausalzusammenhang mit physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen oder statischer Skoliose hingewiesen.

Die Asymmetrien des Gehirns.

Die Weichteile des Kopfes mit Ausnahme des Gehirns sieht man im grossen und ganzen als symmetrisch an. Die Unterschiede zwischen der rechten und linken Hirnhälfte sind Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen. Infolge mangelhafter Methodik und zu kleinen Materials sind manche Forscher zu der Auffassung gelangt, dass die rechte Hirnhemisphäre grösser und schwerer sei als die linke [Ecker (1868), Parrot (1879), Cunningham (1902), v. Bardeleben (1909)] und andere nehmen an, dass es sich umgekehrt verhält [Gratiolet (1839), Boyd (1861), Brown-Séquard (1871), Broca (1888), Pfister (1903)]. Es dürfte jetzt als bewiesen gelten können, dass die Asymmetrien des Gehirns in Anbetracht der funktionellen Verschiedenheit der beiden Hirnhälften erstaunlich klein sind [Franceschi (1888), Braune (1891), Woljpin (1902), Weber (1905), Rübel (1908), Stier (1911), Gundobin (1912), Inglessis (1925), Kappers (1926), Sachs (1936)].

Die bisher erwähnten Asymmetrien des Kopfes sind also solcher Art, dass sie keine nennenswerte asymmetrische Belastung im oberen Nackengelenk herbeiführen dürften. Ich befasse mich deshalb im folgenden nur mit den frontalen Krümmungen des Schädels.

Bei Kindern mit totalskoliotischer Wirbelsäule finden sich wahrscheinlich keine Schädelasymmetrien von Bedeutung. Die Atlashälfte,

welche auf der konkaven Seite der Wirbelsäule liegt, steht dabei niedriger. Durch die hierdurch bedingte Schrägstellung des Kopfes sowie durch die Form der Gelenkflächen des oberen Nackengelenks wird der Hinterhauptskondylus dieser Seite einem grösseren Druck ausgesetzt als der auf der anderen Seite.

Die Belastungsverhältnisse im oberen Nackengelenk bei verschiedenen skoliotischen Zuständen.

Infolge der verschiedenen Frequenz der rechts- und linkskonvexen Totalskoliose wird der rechte Kondylus in ca. 80 % der Fälle stärker belastet.

Bei der kombinierten Skoliose, bei welcher ich voraussetzte, dass der Kopf und die Halswirbelsäule in der von Romich (1927) angegebenen Weise beteiligt sind, kann man sich folgende drei alternative Zustände denken:

1. Rechtskonvexe Thorakal-, linkskonvexe gemeinsame Zervikal- und Kopfskoliose (in ca. 40 % der Fälle).
2. Rechtskonvexe Thorakal-, linkskonvexe gemeinsame Zervikal- und Kopfskoliose (in ca. 40 % der Fälle).
3. Linkskonvexe Thorakal-, rechtskonvexe Zervikal- und linkskonvexe Kopfskoliose (in ca. 20 % der Fälle).

Der Übersichtlichkeit halber sind diese Zustände in Abb. 8 schematisch dargestellt. Abb. 8 A zeigt die ungefähren Verhältnisse bei rechtskonvexer Thorakal-, linkskonvexer Zervikal- und rechtskonvexer Kopfskoliose. Die Lage des Schwerpunktes im Kopfe ist nicht sicher bekannt. Man dürfte indes davon ausgehen können, dass er eher auf der rechten als auf der linken Seite der Medianebene liegt. Auf der Abbildung ist er gerade in diese eingezeichnet. Dies bedeutet, dass die Schwerkraftslinie des Kopfes näher am rechten als am linken Kondylus oder möglicherweise in der Mitte zwischen beiden verläuft. Der rechte unterliegt unter allen Umständen infolge des Verlaufs der Schwerkraftslinie und der Schrägstellung des Atlas einem höheren Druck als der linke. Die dritte Form ist das Spiegelbild der ersten, weshalb der linke Kondylus hier am stärksten belastet sein muss. Abb. 8 B zeigt den Zustand bei rechtskonvexer Thorakal- und gemeinsamer linkskonvexer Zervikal- und Kopfskoliose (zweite Form). Der Ort des Vertex der letztgenannten Krümmung variiert wahrscheinlich individuell. Vermutlich liegt er in der Nähe der Schädelbasis. Infolgedessen steht der Atlas praktisch horizontal. Die linkskonvexe Kopfskoliose bewirkt, dass die Schwerkraftslinie des Kopfes in diesem Fall näher am rechten als am linken Hinterhauptskondylus verläuft. Hierdurch wird der rechte einem stärkeren Druck ausgesetzt als der linke. Falls das Spiegelbild dieser Krümmungsform existiert, was von Romich (1927) bestritten wird, ist dabei der linke Kondylus stärker belastet als der rechte.

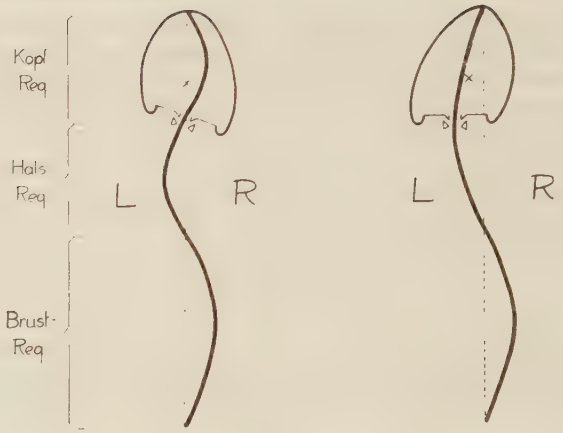


Abb. 8. Die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und die wahrscheinlichen Schädelasymmetrien bei rechtskonvexer Thorakalskoliose. R = rechts. L = links. Das Kreuz im Schädel bezeichnet die ungefähre Lage seines Schwerpunktes.

Diese Schlussfolgerungen besagen vom statischen Gesichtspunkt Folgendes:

1. Bei linkskonvexer Totalskoliose wird der rechte Hinterhauptskondylus mehr belastet.

2. Bei rechtskonvexer Totalskoliose wird der linke Hinterhauptskondylus mehr belastet.

3. Bei allen Formen von kombinierter Skoliose mit rechtskonvexer Thorakalskoliose wird der rechte Hinterhauptskondylus mehr belastet.

4. Bei allen Formen von kombinierter Skoliose mit linkskonvexer Thorakalskoliose wird der linke Hinterhauptskondylus mehr belastet.

Infolge der verschiedenen Frequenz dieser Formen (siehe oben) wird der rechte Kondylus in ca. 80 % der Fälle stärker belastet.

Das Vorhandensein einer solchen Schrägbelastung ist meines Wissens niemals bewiesen worden. Noch weniger hat man die Frequenz derselben oder die Zeit ihres Auftretens festgestellt.

(Bei der Erörterung dieser Probleme habe ich absichtlich die Rotation der Wirbelsäule sowie die Muskulaturverhältnisse bei den physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und der statischen Skoliose nicht behandelt. Dies geschah teils, weil mir mein Material keine Möglichkeit bot, diese Erscheinungen zu studieren, teils weil ich durch das Studium der Literatur und theoretische Berechnungen nicht zu dem Ergebnis gelangen konnte, dass die genannten Faktoren die asymmetrischen Belastungsverhältnisse in irgendwie entscheidendem Grade beeinflussen.)

Eigene Untersuchungen.

Damit das Studium der Morphologie des oberen Nackengelenks die Kenntnis der physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und der statischen Skoliose erweitern kann, ist erforderlich, dass folgende zwei Fragen bejaht werden können:

1. Treten unter normalen Verhältnissen Formveränderungen im oberen Nackengelenk ein, die auf asymmetrische Belastung desselben zurückgeführt werden können?

2. Sind solchenfalls die Veränderungen derart, dass vermutet werden kann, dass die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und die statische Skoliose die Ursache derselben sind?

Lassen sich diese Fragen bejahend beantworten, so glaube ich imstande zu sein, die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und die statische Skoliose bei Kindern und Erwachsenen in einer Weise zu studieren, wie es bisher nicht möglich war.

In erster Linie sind hierbei folgende Fragen zu beantworten:

a. Wie früh treten die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen auf?

b. Wie häufig sind die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen bei Kindern in verschiedenem Alter?

c. Finden sich bei Kindern dieselben Formen von physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen wie bei Erwachsenen?

Materialbeschreibung.

Zusammensetzung des Materials.

1. 63 Leichen von ausgetragenen, augenscheinlich normalen Föten. Diese wurden in den Jahren 1938–42 aus der Geburtsklinik der Universität Uppsala erhalten. Alle Fälle mit Krankheiten oder Missbildungen, welche denkbarerweise die Form des Kopfes beeinflussen könnten, sowie Fälle mit deutlicher artifizieller Deformation des Schädels wurden ausgeschieden. Die Leichen wurden vor dem Sezieren in 40 %igem Alkohol aufbewahrt.

2. 350 Kranien von Kindern im Alter von 11/12—15 Jahren. Die Altersverteilung des Materials ergibt sich aus Tab. 29. Die Schädel stammen von Kindern, welche im vorigen Jahrhundert in Amsterdam starben und begraben wurden. Sie werden im Anatomischen Institut zu Amsterdam aufbewahrt. Alle Kranien mit Zeichen von pathologischen Veränderungen wurden ausgeschieden. Das Alter der Kinder ist für die drei jüngsten Gruppen angegeben. Bei den älteren habe ich es mit Hilfe des Zahnstatus bestimmt. Dabei folgte ich der Darstellung von Rauber-Kopsch (1941). Schädel, deren Alter nach dieser Methode

Tabelle 29. *Die Anzahl untersuchter Kinderschädel in verschiedenen Altersklassen.*

Jahre alt	Anz. unters. Fälle	Jahre alt	Anz. unters. Fälle
1 1/12—2	21	8 1/12— 9	30
2 1/12—3	12	9 1/12—10	28
3 1/12—4	6	10 1/12—11	26
4 1/12—5	42	11 1/12—12	20
5 1/12—6	44	12 1/12—13	17
6 1/12—7	42	13 1/12—14	12
7 1/12—8	42	14 1/12—15	8

nicht einigermassen sicher festgestellt werden konnte, wurden nicht in das Material aufgenommen.

3. Schädel von Erwachsenen.

a. 100 ganze Kranien von Individuen, die auf einem mittelalterlichen Friedhof in Uppsala begraben wurden (Nr. 239 a des Katalogs des Anatomischen Instituts in Uppsala). Laut Angabe des Provinzialantiquars der Provinz Uppsala besteht Grund zu der Annahme, dass dieses Material eine ziemlich einheitliche Population darstellt. Die Schädel wurden einem grösseren Material ohne besondere Auswahl entnommen.

b. Aus vermutlich einheitlichen schwedischen mittelalterlichen Populationen (Nr. 239 a, 242, 243, 244 und 279 des Katalogs des Anatomischen Instituts in Uppsala) wurden 130 Kranien mit linksseitigen und 57 Schädel mit rechtsseitigen Okzipitalmanifestationen ausgewählt.

Die Bearbeitung des Materials.

Die Schädel wurden in einem Kubuskraniophor befestigt, wobei die Ohrenaugen-Ebene horizontal stand und die Schädelbasis nach oben gerichtet war. Die gewünschten Abstände wurden in vertikaler Blickrichtung bestimmt. Da mir bei der Bearbeitung des Kindermaterials kein Kraniophor zur Verfügung stand, übte ich mich einige Zeit, dieselben Messungen mit Hilfe eines Passers an einem Schädel auszuführen, der in der oben angegebenen Weise befestigt war. Bei Kontrollmessung im Kraniophor stellte sich heraus, dass diese Methode praktisch dieselben Ergebnisse lieferte wie die erstgenannte. Ich halte mich deshalb für berechtigt, die Untersuchungsresultate bei Kindern und bei Erwachsenen zu vergleichen.

An jedem Schädel wurden folgende Abstände bestimmt (siehe Abb. 9):

I. Die Länge des Foramen occipit. magnum (der Abstand zwischen dem Opisthion und Basion).

II. Der rechtwinklige Abstand zwischen dem oralsten Punkt des rechten Hinterhauptskondylus und einer Frontalebene durch das Basion.

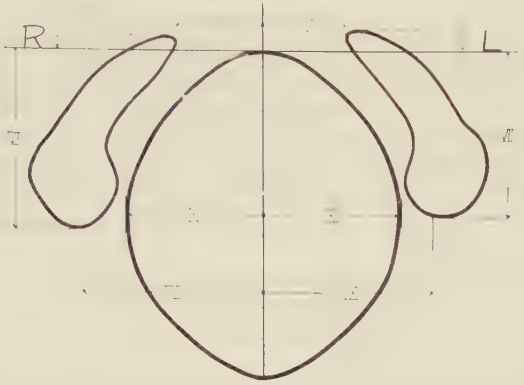


Abb. 9. Skizze von Foramen occipitale magnum mit den Okzipitalkondylen von unten gesehen. *R* = rechts. *L* = links. Die verschiedenen Abstände sind dieselben wie auf Seite 308.

Wenn der erstgenannte Punkt oral von dem letzteren lag, wird der Abstand durch negative Werte bezeichnet. Verhält es sich umgekehrt, so wird er durch positive Ziffern ausgedrückt.

III. Der entsprechende Abstand wie in Nr. II auf der linken Seite.

IV. Der rechtwinklige Abstand zwischen dem medialsten Punkt des oralen Endes des rechten Kondylus und einer Vertikalebene durch das Basion und Opisthion.

V. Der entsprechende Abstand wie in Nr. IV auf der linken Seite.

VI. Der rechtwinklige Abstand zwischen dem okzipitalsten Punkte des rechten Kondylus und einer Frontalebene durch das Basion.

VII. Der entsprechende Abstand wie in Nr. VI auf der linken Seite.

VIII. Der rechtwinklige Abstand vom Schnittpunkt der gedachten Mittellinie des rechten Kondylus und der dorsalen Begrenzungslinie des Kondylus bis zu einer Vertikalebene durch das Basion und Opisthion.

IX. Der entsprechende Abstand wie in Nr. VIII auf der linken Seite.

X. Der maximale Abstand zwischen einer Vertikalebene durch das Basion und Opisthion und dem rechten Rand des Foramen occipit. magnum.

XI. Der entsprechende Abstand wie in Nr. X auf der linken Seite.

Die Mängel des Materials und der Untersuchungsmethoden.

Das Untersuchungsmaterial ist seinem Ursprung nach uneinheitlich. Jedoch dürften die Rassen- und Zeitunterschiede keine grössere Rolle spielen. Dies geht aus der guten Übereinstimmung zwischen den verschiedenen Gruppen hervor (siehe unten). Das Material enthält eine Lücke, da Schädel von Kindern im Alter von 1/12—1 Jahr fehlen. Dies beruht darauf, dass es mir nicht gelang, eine einheitliche Sammlung

Schädel in diesem Alter zusammenzubringen. Die obere Grenze des Kindermaterials wurde bei 15 Jahren gezogen. Dies geschah, weil es später schwierig ist, das Alter des Individuums nach dem Zahnstatus zu bestimmen. Diese Bestimmung liefert keine ganz zuverlässigen Werte. In gewissen Fällen kann eine Fehlbeurteilung um ein oder zwei Jahre stattgefunden haben. Dies dürfte keine grössere Rolle spielen, teils weil die Fehler wahrscheinlich ebensooft zu hohe wie zu niedrige Werte bedingen, teils weil das Material nur in grössere Altersklassen eingeteilt wurde (siehe unten).

Die Schädel, die ich als erwachsen bezeichnet habe, hatten eine verschmolzene Epiphysengrenze zwischen der Pars basialis ossis occipit. und dem Corpus ossis sphenoid. Sie stammen deshalb wahrscheinlich von Individuen über 20 Jahren.

Die Bestimmung des Abstandes zwischen dem Basion und dem Opisthion macht bei kleinen Kindern gewisse Schwierigkeiten. Bei diesen ist nämlich die Verschmelzung zwischen dem Occipitale laterale und dem Occipitale superius noch nicht erfolgt. Ich bin davon ausgegangen, dass das Opisthion am ventralen Rande der kräftigen, teilweise verknorpelten Verbindung zwischen den hinteren medialen Enden des Occipitale laterale liegt. Da es bei Erwachsenen gelegentlich schwierig war, die Lage des Basion und des Opisthion exakt zu bestimmen, wurden das Tuberculum pharyngicum und die Crista occipit. ext. zu Hilfe genommen. Die Begrenzung der oralen Partien der Kondylen ist gewöhnlich scharf, weshalb die Abstände II, III, IV und V immer mit wünschenswerter Genauigkeit festgestellt werden konnten. Das okzipitale Ende der Kondylen geht nicht selten ziemlich diffus in die Umgebung über. Infolgedessen sind die Ziffern für die Abstände VI, VII, VIII und IX bisweilen unsicher. Insbesondere gilt dies für VIII und IX, da die sog. Mittellinie der Kondylen nach Augenmass gezogen wurde. Nur wenn ganz sichere Unterschiede zwischen der rechten und linken Seite gefunden wurden, ist dies in den Ziffern für die Abstände VI und VII bzw. VIII und IX angegeben. Diese Mängel konnte ich nicht kompensieren, weshalb die Abstände, die von dem dorsalen Ende der Kondylen gemessen wurden, für weniger zuverlässig angesehen werden müssen als die vom Ventralende gemessenen.

Bei Messung ohne Kraniophor war es sehr schwierig, die Abstände X und XI mit genügender Genauigkeit anzugeben. Indes erwiesen sich diese bei vollwertiger Messmethodik als im wesentlichen gleich. Die Unsicherheit spielt deshalb eine geringe Rolle. Sie wurde noch dadurch vermindert, dass hier die Notierung in derselben Weise erfolgte wie bei den von den dorsalen Enden der Hinterhauptskondylen gemessenen Abständen.

Die Leichen der Neugeborenen wurden in 40 %igem Alkohol fixiert. Das Foramen occipit. magnum und seine Umgebung wurden freipräpariert, worauf die Messung unmittelbar erfolgte. Das ganze übrige Ma-

terial wurde in skelettiertem Zustand untersucht. Diese Verschiedenheit der Untersuchungsart war notwendig, weil eine Skelettierung der Neugeborenen eine Ablösung des Basioccipitale herbeigeführt haben würde. Eine befriedigende Rekonstruktion der Lage desselben ist bei Neugeborenen unmöglich, weil die Epiphysengrenze gegen das Occipitale laterale breit ist. Eine solche Rekonstruktion fand im Bedarfsfall bei Kinderschädeln der jüngsten Altersklassen statt. Dies dürfte infolge der geringen Breite der Epiphysengrenze keine Fehlbeurteilung von Bedeutung zur Folge gehabt haben. Die Schrumpfung, welche vorkam, wurde nicht berücksichtigt. Die Grösse derselben dürfte sich schwer näher angeben lassen. Wahrscheinlich war sie bei jüngeren Individuen relativ grösser als bei älteren. Ich ging davon aus, dass die Schrumpfung auf beiden Seiten gleich stark war und also keine Asymmetrie hervorgerufen hat. Im Gegenteil müssen die eventuellen Asymmetrien durch die Schrumpfung absolut kleiner geworden sein. Für meine Fragestellungen spielt deshalb diese Fehlerquelle nur bei Beurteilung des Wachstums der Kondylen eine Rolle. Sie dürfte bewirkt haben, dass dieses Wachstum zu gross erschien. Die Schrumpfungen dürften den Wert des Untersuchungsergebnisses nicht nennenswert verringern.

Untersuchungsresultat.

Bei der statistischen Bearbeitung des Materials werden die Neugeborenen für sich behandelt. Das Kindermaterial ist in zwei vom Altersgesichtspunkt gleich grosse Gruppen »1 1/12—8 Jahre alt» und »8 1/12—15 Jahre alt» eingeteilt. Die Kranien der Erwachsenen werden als eine einheitliche Gruppe behandelt.

Tab. 30 gibt die Mittelwerte der verschiedenen Abstände mit ihren mittleren Fehlern, ausgedrückt in Millimetern an. Aus derselben ist Folgendes ersichtlich:

1. Es erfolgt eine statistisch sichergestellte Zunahme der verschiedenen Abstände zwischen den Gruppen »Neugeborene», »1 1/12—8 Jahre alt» und »8 1/12—15 Jahre alt» ausser für Abstand Nr. IX. Zwischen den beiden ältesten Gruppen ist das Wachstum unbedeutend und bloss für die Abstände II und III sichergestellt.

2. Bei Neugeborenen finden sich keine Unterschiede zwischen den Abständen auf der rechten und linken Seite. Ebenso verhält es sich in der Gruppe »1 1/12—8 Jahre alt». In dieser kann man jedoch schon die Unterschiede zwischen den Abständen II und III sowie VI und VII bemerken, welche in der Gruppe »8 1/12—15 Jahre alt» statistisch gesichert sind. Die Erwachsenen weisen eine weitere Entwicklung der Asymmetrien auf, indem der Unterschied zwischen den Abständen II und III, IV und V, VI und VII sichergestellt und zwischen VIII und IX wahrscheinlich ist (Differenz $0{,}81 \pm 0{,}28$).

Tabelle 30. *Die Mittelwerte mit mittleren Fehlern d*

Jahre alt	I	II	III	IV	M a s V
Neugeborene ..	20,98±0,39	−0,32±0,16	−0,35±0,17	3,95±0,13	4,02±0,14
1 1/12— 8	33,79±0,17	−1,31±0,08	−1,23±0,08	8,48±0,07	8,54±0,07
8 1/12—15	35,72±0,19	−2,66±0,10	−2,22±0,10	9,43±0,08	9,36±0,08
Erwachsene ...	35,70±0,29	−4,12±0,19	−3,12±0,19	8,83±0,17	9,56±0,16

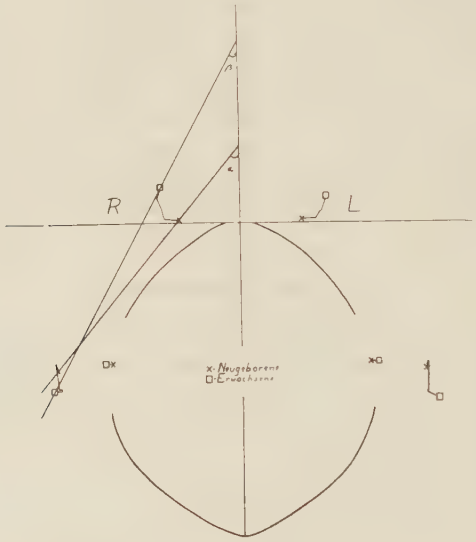


Abb. 10. Skizze von der extrakranialen Ebene des Os occipitale mit Foramen occipitale magn. Die vertikale Linie markiert den Medianplan, die horizontale einen Frontalplan durch Basion. Die ventralen Punkte bezeichnen die Kreuzung zwischen einem Frontalplan durch den oralsten Punkt des Kondylus und einem Sagittalplan durch den medialsten Punkt des Kondylus. Die dorsalen Punkte bezeichnen die Kreuzung zwischen einem Frontalplan durch den dorsalsten Punkt des Kondylus und einem Sagittalplan durch den Schnittpunkt zwischen der gedachten Mittellinie des Kondylus und seiner dorsalen Begrenzung.
x = die Lage des Punktes bei Neugeborenen.
□ = die Lage des Punktes bei Erwachsenen.
Die Verbindungslinie zwischen x und □ bezeichnet die Verschiebung des Punktes mit zunehmendem Alter. R = rechts. L = links.

Für meine Fragestellung ist es erforderlich, dass man sich eine Vorstellung von den relativen Verschiebungen bildet, die zwischen dem Foramen occipit. magnum und den Hinterhauptskondylen sowie zwischen den letzteren untereinander stattfinden. Tab. 30 gibt keinen

auf S. 308 angegebenen Abstände in mm ausgedrückt.

N r.

VI	VII	VIII	IX	X	XI
9,46±0,20	9,64±0,23	11,03±0,20	11,05±0,20	8,25±0,17	8,27±0,17
17,53±0,16	17,92±0,16	19,81±0,12	20,06±0,13	13,87±0,08	13,85±0,09
18,72±0,16	19,55±0,15	20,58±0,13	20,10±0,15	14,92±0,11	15,01±0,11
18,72±0,21	20,06±0,23	21,16±0,18	21,97±0,21	15,18±0,11	15,19±0,13

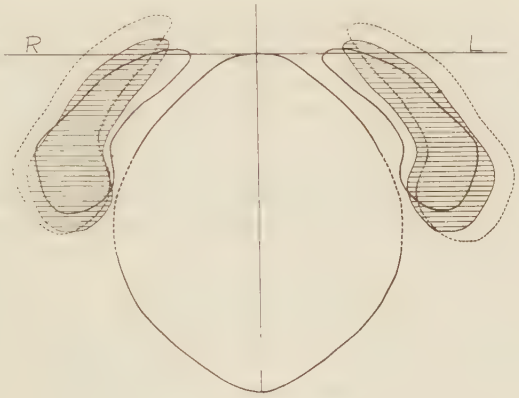


Abb. 11. Skizze von Foramen occipitale magnum mit den Okzipitalkondylen von unten gesehen. *R* = rechts. *L* = links. Die Kondylen bei Neugeborenen sind mit ausgezogenen Linien markiert. Die Kondylen bei 8—10 Jahre alten Kindern sind mit horizontaler Strichelung markiert. Die Kondylen bei Erwachsenen sind mit unterbrochenen Linien markiert.

Aufschluss in dieser Beziehung, da sie keine Vergleichszahl für die verschiedenen Altersgruppen enthält. Als solche wählte ich die Länge des Foramen occipit. magnum bei Erwachsenen. In den übrigen Altersgruppen wurden sämtliche Masse mit der Zahl multipliziert, welche erforderlich ist, damit der Abstand Nr. I ebenso gross wird wie bei den Erwachsenen. Auf diese Weise bekommt man Tab. 31. Der Anschaulichkeit halber wird der Inhalt dieser Tabelle in den Abbildungen 10 und 11 graphisch dargestellt.

Aus Tab. 31 sowie Abb. 10 und 11 geht Folgendes hervor:

1. Die ventralen Kondylenenden: Sie liegen bei Neugeborenen symmetrisch und praktisch in derselben Frontalebene wie das Basion. In den ersten Kinderjahren erfolgt eine relative Verschiebung hauptsächlich lateralwärts, später oral-lateralwärts. Anfangs ist dieselbe symmetrisch. Von der Gruppe »8 1/12—15 Jahre alt» einschliesslich an finden sich

Tabelle 31. *Die relative Grösse der auf S. 308 angegebenen Abstände mit de*

Jahre alt	Mas				
	I	II	III	IV	V
Neugeborene ..	35,70±0,66	−0,54±0,27	−0,60±0,28	6,72±0,22	6,84±0,24
1 1/12— 8	35,70±0,18	−1,38±0,08	−1,30±0,08	8,96±0,07	9,02±0,07
8 1/12—15	35,70±0,19	−2,66±0,11	−2,22±0,10	9,42±0,08	9,35±0,08
Erwachsene ...	35,70±0,29	−4,12±0,19	−3,12±0,19	8,83±0,17	9,56±0,16

sichere Unterschiede zwischen den beiden Seiten. Der rechte Kondylus steht mehr ventral und bei Erwachsenen auch mehr medial als der linke.

2. Die dorsalen Kondylenenden: Sie liegen bei Neugeborenen symmetrisch. Ziemlich früh tritt eine relative Verschiebung dorsalwärts und etwas lateralwärts ein. Diese ist praktisch in der Gruppe »1 1/12—8 Jahre alt» zum Abschluss gekommen. Bei älteren Kindern und Erwachsenen liegt das dorsale Ende des rechten Kondylus noch weiter oral und bei Erwachsenen wahrscheinlich auch mehr medial als auf der linken Seite. (Differenz 0,81 ± 0,28.)

3. Diese Verschiebungen bedeuten, dass sich die Kondylen mit zunehmendem Alter immer mehr sagittal stellen. Dies ist aus Abb. 10 ersichtlich. In dieser sind folgende Schnittpunkte auf der rechten und linken Seite angegeben:

a. Zwischen einer Frontalebene durch den oralsten Punkt des Kondylus und einer Sagittalebene durch seinen medialsten.

b. Zwischen einer Frontalebene durch den okzipitalsten Punkt des Kondylus und einer Sagittalebene durch den Schnittpunkt zwischen der gedachten Mittellinie des Kondylus und der dorsalen Begrenzungslinie desselben.

Die Verbindungslinie zwischen diesen beiden Punkten auf der rechten Seite bei Neugeborenen und bei Erwachsenen ist in Abb. 10 eingetragen. Der Winkel zwischen diesen Linien und der Medianebene beträgt bei Neugeborenen ca. 40° und bei Erwachsenen ca. 25°.

Eine nähere Prüfung der Messungsresultate bei Schädeln von Kindern und Erwachsenen zeigt, dass sich die Fälle in drei Gruppen einteilen lassen:

a. Symmetrische Fälle, wo die Kondylen auf der rechten und linken Seite gleiche Lage haben.

b. Fälle, wo der rechte Kondylus mehr oral und mehr medial liegt als der linke.

c. Fälle, wo der linke Kondylus mehr oral und mehr medial liegt als der rechte.

änge des Foramen occipitale magnum bei Erwachsenen als Vergleichszahl.

r.

VI	VII	VIII	IX	X	XI
16,10 ± 0,33	16,40 ± 0,38	18,77 ± 0,33	18,80 ± 0,35	14,04 ± 0,29	14,07 ± 0,29
18,52 ± 0,17	18,93 ± 0,17	20,03 ± 0,13	21,10 ± 0,14	14,65 ± 0,08	14,63 ± 0,10
18,71 ± 0,16	19,54 ± 0,15	20,57 ± 0,13	20,09 ± 0,15	14,91 ± 0,11	15,00 ± 0,11
18,72 ± 0,21	20,06 ± 0,23	21,16 ± 0,18	21,97 ± 0,21	15,18 ± 0,11	15,19 ± 0,13

Mischformen sind selten. Das Verhältnis zwischen diesen drei Gruppen in verschiedenen Altersklassen ergibt sich aus Tab. 32. Der Anschaulichkeit halber ist dies in Abb. 12 graphisch dargestellt. Das Kindermaterial ist auf der Abbildung in kleinere Altersklassen eingeteilt, so dass die Kurven eine genauere Vorstellung von den Asymmetrien mit zunehmendem Alter geben. Durch diese Einteilung werden jedoch die Gruppen so klein, dass man keine statistisch sichergestellten Unterschiede erhält. (Deshalb veröffentliche ich die Tabelle nicht, welche der Kurve zugrunde liegt.)

Tabelle 32. *Relative Anzahl symmetrischer Fälle samt Fällen mit ventralverschobenem rechtsseitigem bzw. linksseitigem Okzipitalkondylus.*

Jahre alt	Rechtsseitige Form in Proz.	Linksseitige Form in Proz.	Symmetrische Fälle in Proz.
Neugeborene	9,5 ± 3,7	11,1 ± 4,0	79,4 ± 5,1
1 1/12 - 8..	30,3 ± 3,2	5,8 ± 1,6	63,9 ± 3,3
8 1/12 - 15..	63,8 ± 4,0	4,3 ± 1,7	31,9 ± 3,9
Erwachsene	82,0 ± 3,9	11,0 ± 3,1	7,0 ± 2,5

Aus Tab. 32 und Abb. 12 ergibt sich: Bei Neugeborenen und Kindern bis zum 4. Lebensjahr beträgt die Frequenz der symmetrischen Fälle ca. 80 %. Hierauf sinkt sie sehr rasch und ist bei Erwachsenen nicht ganz 10 %. Die Fälle mit ventralverschobenem rechtem Kondylus umfassen bis zum 4. Lebensjahr etwa 10 % der Gesamtzahl. Ihre Anzahl steigt dann stark und kontinuierlich bis zum erwachsenen Alter. Die andere asymmetrische Gruppe ist das ganze Leben hindurch ungefähr gleich gross (ca. 10 %). Rechnet man die symmetrischen Fälle nicht mit, so umfasst die erstgenannte asymmetrische Gruppe bei Neugeborenen 46,2 %, in der Gruppe »1 1/12—8 Jahre alt» 84,2 % (Differenz 34,2 ± 3,5), in der Gruppe »8 1/12—15 Jahre alt» 93,8 % (Differenz 43,8 ± 4,2) und bei Erwachsenen 88,2 % (Differenz 38,2 ± 5,0).

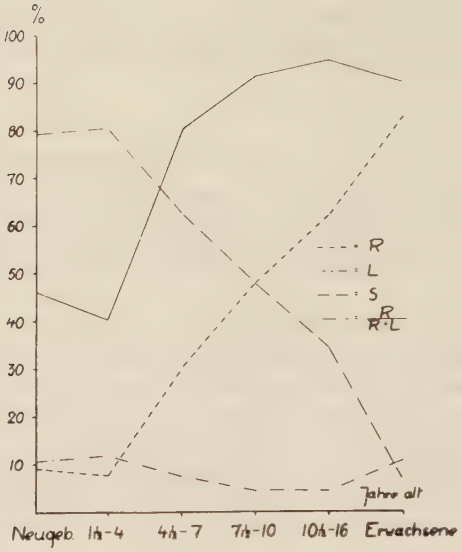


Abb. 12. Relative Anzahl Fälle mit symmetrisch bzw. asymmetrisch belegenen Kondylen in verschiedenen Altersklassen.
S = symmetrische Fälle.
R = Fall mit ventralverschobenem, rechtsseitigem Okzipitalkondylus.
L = Fall mit ventralverschobenem, linksseitigem Okzipitalkondylus.
$\frac{R}{R+L}$ = Relative Anzahl rechtsseitiger Fälle in Proz. der asymmetrischen Fälle.

Tab. 30 gibt die Mittelwerte für die betreffenden Abstände im Normalmaterial an. Das letztgenannte enthält sowohl symmetrische als asymmetrische Fälle. Trotzdem finden sich statistisch sichergestellte Unterschiede zwischen der rechten und linken Seite für eine Anzahl Abstände (siehe oben). Dies ist besonders bei älteren Kindern und Erwachsenen der Fall. Der Grund hiervon dürfte vor allem die beschriebene Abnahme der symmetrischen Fälle mit zunehmendem Alter sein (siehe Tab. 32 und Abb. 12). Die wirklichen Unterschiede in der Lage der Kondylen lassen sich nur feststellen, wenn man die beiden asymmetrischen Gruppen je für sich studiert. Eine solche Berechnung habe ich für das Kindermaterial sowie für eine Anzahl Schädel Erwachsener vorgenommen (Gruppe 3 b der Materialbeschreibung). Die Gruppe »Neugeborene» wurde nicht herangezogen, weil sie eine zu geringe Anzahl asymmetrischer Fälle enthält. Die Mittelwerte der verschiedenen Abstände für die Gruppe mit ventralverschobenem rechtsseitigem Hinterhauptskondylus sind in Tab. 33 angegeben. Vergleicht man diese letztere mit Tab. 30, so ergibt sich, dass die Unterschiede zwischen den Abständen auf der rechten und linken Seite, wie erwartet, in der ersteren grösser sind.

Da das Kindermaterial durch Ausmusterung verkleinert wurde, hat die Anzahl der statistisch sichergestellten Unterschiede indes nicht nennenswert zugenommen. Die Gruppe »1 1/2—8 Jahre alt» zeigt nämlich keine Differenzen zwischen den Abständen auf der rechten und linken Seite, in der Gruppe »8 1/2—15 Jahre alt» bestehen Unterschiede zwischen den Abständen II und III, VI und VII sowie VIII und IX, in der Gruppe »Erwachsene» findet man dieselben Unterschiede wie in der vorigen sowie ausserdem zwischen den Abständen IV und V (siehe Tab. 33). Es ist ungemein interessant, dass die Asymmetrien sowohl absolut als relativ mit steigendem Alter an Grösse zunehmen. Die Abstände III und IV zeigen z. B. kein Wachstum zwischen den älteren Kindern und den Erwachsenen, während ein sichergestelltes bzw. wahrscheinliches für die Abstände II und V vorliegt (Differenzen 1,18 ± 0,19 bzw. 0,51 ± 0,19). Entsprechendes gilt für die asymmetrischen Fälle mit ventralverschobenem linksseitigem Hinterhauptskondylus (siehe Tab. 34). Ihre Anzahl ist indes für bestimmte Schlüsse zu klein. Bei Erwachsenen, wo die Grösse des Materials statistische Behandlung gestattet, finden sich sichergestellte Unterschiede für die Abstände II, III, IV, V, VI und VII zwischen den Fällen mit Ventralverschiebung des rechten bzw. linken Kondylus.

Die sagittalen Längen der Kondylen (Abstand II + VI bzw. III + VII) zeigen keine sicheren Unterschiede zwischen der rechten und linken Seite, weder im Normalmaterial noch in den ausgewählten Gruppen.

Zwischen den Okzipitalmanifestationen und den Asymmetrien der Hinterhauptskondylen besteht ein ausgesprochener Zusammenhang. Von 127 Schädeln mit linksseitiger Okzipitalmanifestation weisen 124 Ventralverschiebung des rechten und 3 solche des linken Kondylus auf. Die entsprechenden Werte für die 44 Fälle mit Okzipitalmanifestation auf der rechten Seite sind 2 bzw. 42. (Die Korrelation, berechnet nach PEARSON, beträgt — 0,97 ± 0,02.)

Ich fasse die wichtigsten Resultate dieser Untersuchungen folgendermassen zusammen:

1. Die Hinterhauptskondylen liegen bei Neugeborenen symmetrisch.

2. Während der ersten Kinderjahre erfolgt eine Lateralverschiebung der oralen Enden der Kondylen. Diese wird allmählich ventrolateral. Gleichzeitig wachsen die dorsalen Partien der Kondylen in dorsolateraler Richtung.

3. Diese Verschiebungen bewirken, dass die Kondylen mit den Jahren eine mehr sagittale Stellung bekommen als bei den Neugeborenen. (Auf Abb. 10 beträgt der Winkel α ca. 40° und der Winkel β ca. 25°.)

4. Die Kondylen wachsen sowohl absolut als relativ mit zunehmendem Alter, wenn man als Vergleichsmass den Abstand zwischen dem Basion und dem Opisthion benutzt (d. h. die maximale Länge des Foramen occipit. magnum). Das Wachstum findet bei jüngeren Individuen rascher statt als bei älteren.

Tabelle 33. *Die Mittelwerte mit mittleren Fehlern der auf S. 308 angegebenen dylus in mm*

Jahre alt	Anz. unters. Fälle	Mas I	II	III	IV	V
1 1/12— 8 ..	64	33,53±0,27	−1,61±0,14	1,17±0,13	8,54±0,14	8,78±0,14
8 1/12—15 ..	90	35,66±0,23	−3,00±0,10	−2,23±0,13	9,26±0,09	9,57±0,11
Erwachsene.	130	35,24±0,23	−4,18±0,16	−2,36±0,18	9,14±0,14	10,08±0,16

Tabelle 34. *Die Mittelwerte der auf S. 308 angegebenen Abstände, an Schädel*

Jahre alt	Anz. unters. Fälle	Mas I	II	III	IV	V
1 1/12— 8 ..	12	33,3	−1,1	−1,9	8,6	8,4
8 1/12—15 ..	6	35,3	−1,7	−3,3	10,3	9,5
Erwachsene.	57	35,54±0,53	−2,56±0,26	−3,61±0,20	10,00±0,22	8,44±0,21

5. Die Verschiebungen der Kondylenenden erfolgen bis etwa zum vierten Lebensjahr symmetrisch. Danach liegt der rechte Kondylus in seiner Gesamtheit mehr ventral als der linke. Diese Asymmetrien sind im Normalmaterial von der Gruppe »8 1/12—15 Jahre alt» einschliesslich an statistisch sichergestellt.

6. Die Anzahl symmetrischer Fälle ist am höchsten bis etwa zum vierten Lebensjahr (ca. 80 %). Danach sinkt sie rasch und beträgt bei Erwachsenen weniger als 10 %.

7. Die asymmetrischen Fälle bestehen aus zwei Formen. Die erste zeigt Ventral- und Medialverschiebung des rechten Kondylus, die zweite ist das Spiegelbild der ersten.

8. Bei Neugeborenen und Kindern unter 4 Jahren kommen die beiden Formen von asymmetrischen Kondylen ungefähr gleich oft vor. Nach dieser Zeit ist der rechte Kondylus in über 80 %, der linke in weniger als 20 % ventralwärts verschoben.

9. Die Asymmetrien nehmen sowohl absolut als relativ mit steigendem Alter an Grösse zu.

Können die hier vorgelegten Resultate die Fragen auf S. 307 beantworten?

Die Hinterhauptskondylen konvergieren ventral. Ihre Gelenkflächen sitzen auf der ventrolateralen, kaudalen Seite. Dies bedeutet teils, dass das Gewicht des Schädels die Neigung hat, den Atlas ventral zu verschieben, teils, dass der Druck jedes Kondylus ihn nach der entgegen-

Abstände, an Schädeln mit ventralverschobenem rechtsseitigem Okzipitalkon- ausgedrückt.

N r.					
VI	VII	VIII	IX	X	XI
17,20±0,25	18,03±0,25	19,80±0,18	20,42±0,21	14,14±0,13	14,11±0,14
18,39±0,19	19,59±0,16	20,16±0,16	20,91±0,19	14,81±0,13	14,92±0,14
18,50±0,19	19,82±0,18	21,37±0,18	22,11±0,16	15,20±0,11	15,24±0,11

mit ventralverschobenem linksseitigem Okzipitalkondylus in mm ausgedrückt.

N r.					
VI	VII	VIII	IX	X	XI
18,6	18,7	18,2	20,0	13,8	13,8
19,7	20,3	21,7	25,0	14,3	14,7
19,39±0,23	18,91±0,22	21,95±0,26	21,60±0,27	15,16±0,17	15,05±0,19

gesetzten Seite drehen will. Die Ventralverschiebung wird hauptsächlich durch das Ligamentum transv. atlantis verhindert. Wenn der rechte Kondylus einen stärkeren Druck ausübt als der linke, wird der Atlas mit seiner rechten Hälfte ventralwärts und mit seiner linken dorsalwärts gedreht werden. Es ist wohl denkbar, dass eine solche Rotation zur Folge hat, dass der rechte Kondylus mehr in ventraler als in dorsaler Richtung wächst. Bei dem linken Hinterhauptskondylus muss es sich aus demselben Grunde umgekehrt verhalten.

Es ist also wahrscheinlich, dass die oben konstatierten Asymmetrien in der Lage der Kondylen auf asymmetrischer Belastung beruhen. Die Lage der Hinterhauptskondylen kann vermutlich als Indikator für die Belastungsverhältnisse des Rückgrats dienen.

Durch Zusammenstellung der Untersuchungsresultate früherer Forscher bin ich zu dem Ergebnis gelangt, dass der rechte Kondylus in ca. 80 % stärker belastet sein dürfte als der linke (siehe oben). Die Untersuchungen an Schädeln von Kindern und Erwachsenen haben ergeben, dass etwa vom 5. Lebensjahre inkl. an der rechte Kondylus in ca. 80 % der asymmetrischen Fälle mehr ventral und medial liegt als der linke. Es besteht somit sehr gute Übereinstimmung zwischen meiner theoretischen Deduktion und den Untersuchungsresultaten. Deshalb glaube ich Grund zu der Vermutung zu haben, dass die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und die statische Skoliose Schrägbelastung im oberen Nackengelenk hervorrufen. Es dürfte also ein Kausal-

zusammenhang zwischen den physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und der statischen Skoliose in der Thorakolumbalregion einerseits und den Belastungsverhältnissen und Asymmetrien in Kopf und Hals andererseits bestehen.

Aus Tab. 32 und Abb. 12 geht hervor, dass die symmetrischen Fälle bis etwa zum Alter von 4 Jahren sehr gewöhnlich sind. Hierauf sinkt ihre Frequenz rasch. Dies spricht dafür, dass die Belastungsverhältnisse im oberen Nackengelenk in der Regel in den ersten Kinderjahren symmetrisch sind. Nach dieser Zeit ist dies dagegen ungewöhnlich. Man weiss, dass die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und die statische Skoliose kaudal beginnen und sich kranial fortsetzen. Es ist deshalb wahrscheinlich, dass sich die genannten Rückgratskrümmungen in den unteren Partien der Wirbelsäule schon vor dem 4. Lebensjahr finden. Ihre Anzahl muss mindestens ebenso gross sein wie die der asymmetrischen Fälle im oberen Nackengelenk, d. h. sie muss zwischen 1 und 4 Jahren ca. 40 %, zwischen 4 und 7 Jahren ca. 80 % und danach ungefähr 90 % betragen. Da die Frequenz der statischen Skoliose nach Angaben in der Literatur vom Schulalter inkl. an etwa 25 % beträgt, muss der Rest auf den physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen beruhen. In Kap. IV wurde gezeigt, dass die unteren Extremitäten bis etwa zum Alter von 1 Jahr gleich lang sind. Hierauf wird das rechte Bein in ca. 80 % länger als das linke. Erst mit etwa 2 Jahren beginnt das Kind längere Zeiten zu gehen oder zu stehen, weshalb die Extremitätenasymmetrien erst dann einen nennenswerten Einfluss auf die Form des Rückgrats ausüben können. Diese gute Übereinstimmung in bezug auf Zeit, Frequenz und Ausformung der Asymmetrien in den unteren Extremitäten, der Wirbelsäule und dem oberen Nackengelenk spricht dafür, dass vermutlich ein Kausalzusammenhang zwischen ihnen besteht.

Damit glaube ich die Fragen auf S. 307 beantworten zu können, welche mir als grundlegend für die Auffassung von den physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und der statischen Skoliose erscheinen. Die Untersuchungsresultate dürften sich folgendermassen zusammenfassen lassen:

1. Die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen finden sich wahrscheinlich schon bei kleinen Kindern, wenngleich sie äusserlich erst zwischen dem 7.—10. Lebensjahre beobachtet werden können.
2. Die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen dürften wahrscheinlich bei der Mehrzahl der Kinder schon in den ersten Lebensjahren vorkommen.
3. Die Belastungsverhältnisse des Rückgrats sind vermutlich bei Kindern und Erwachsenen gleich.
4. Das Verhältnis zwischen der Anzahl normalstatischer und invertierter Fälle dürfte bei Kindern und Erwachsenen das gleiche sein.

Die Schlussfolgerungen sind mit einer gewissen Vorsicht formuliert. Dies hat seinen Grund darin, dass ich die vorgebrachten Argumente nicht für absolut schlüssig halte. Das schwächste Glied der Beweiskette ist die Deutung der Verschiebung der Hinterhauptskondylen. Die asymmetrischen Belastungsverhältnisse im oberen Nackengelenk könnten möglicherweise in Zweifel gezogen werden.

Es erschien mir wichtig, hierüber, wenn möglich, noch grössere Gewissheit zu gewinnen. Hierzu musste ich eine Methode anwenden, die eine Vorstellung von der mittleren Belastung beider Hälften des oberen Nackengelenks während längerer Zeit gibt. Einzelne Messungen an Leichen oder Lebenden genügen nicht. Ich habe das Problem in der Weise angegriffen, dass ich verschiedene ankylotische Zustände im oberen Nackengelenk sowie die Okzipitalmanifestationen untersuchte. In den beiden folgenden Kapiteln will ich kurz über diese Untersuchungen berichten.

Zusammenfassung.

I. Aus der Literaturübersicht ergibt sich:

A. Bei den physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und der statischen Skoliose entstehen die frontalen Krümmungen primär in der Lumbalregion.

B. Diese setzen sich vermutlich einige Zeit kranialwärts in Form einer einphasigen Totalskoliose fort.

C. Hierauf entstehen isolierte frontale Krümmungen in der Thorakal- bzw. Zervikalregion. Die erstgenannte ist sekundär gegenüber der Lumbal-, die letztgenannte gegenüber der Thorakalskoliose.

D. Die Krümmung in der Thorakalregion ist der lumbalen entgegengesetzt. Die Hals- und Lendenskoliose haben dieselbe Richtung.

E. Die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und die statische Skoliose können durch einfache klinische Untersuchung erst im Alter von 6—8 Jahren konstatiert werden.

F. Die Totalskoliose ist bei älteren Kindern und Erwachsenen selten.

G. Bei klinischer Untersuchung diagnostizierte Totalskoliose ist oft in Wirklichkeit eine kombinierte Skoliose.

H. Physiologische frontale Rückgratskrümmungen und statische Skoliose können durch klinische Untersuchung bei Schulkindern in insgesamt ca. 25 % konstatiert werden.

I. Physiologische frontale Rückgratskrümmungen werden mit derselben Methode bei Erwachsenen in 90 % festgestellt.

J. Die Anzahl Fälle von statischer Skoliose ist bei Kindern relativ grösser als bei Erwachsenen und bei Frauen grösser als bei Männern.

K. Die Totalskoliose ist in ca. 80 % linkskonvex und in ca. 20 % rechtskonvex.

L. Die kombinierte Skoliose ist in ca. 80 % linkskonvex im Lumbalteil, rechtskonvex im Thorakalteil und linkskonvex im Zervikalteil. In 20 % zeigen die Krümmungen das Spiegelbild dieser Form.

M. Eine Schrägstellung des Beckens in der Frontalebene und damit auch im untersten Teil der Wirbelsäule bewirkt eine primäre Skoliose in der Lumbalregion. Die Konvexität derselben ist nach der Seite gerichtet, deren Beckenhälfte niedriger steht.

N. Eine solche Schrägstellung tritt bei verschiedener Länge der unteren Extremitäten ein, weshalb die Asymmetrien der unteren Extremitäten vermutlich die Ursache der genannten Rückgratskrümmungen sind.

O. Individuen mit rechtskonvexer Thorakalskoliose haben in 50 % gleichgerichtete Kopfskoliose und in den übrigen Fällen eine gemeinsame linkskonvexe Kopf-Hals-Skoliose. Individuen mit linkskonvexer Thorakalskoliose haben immer eine gleichgerichtete Kopfskoliose.

II. Nach kritischem Literaturstudium stelle ich folgende Theorien auf:

A. Die physiologischen Extremitätenasymmetrien sind die primäre Ursache der physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und der statischen Skoliose.

B. Die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen entstehen schon bei kleinen Kindern, wenngleich sie äusserlich erst während des Schulalters konstatiert werden können.

C. Die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und die statische Skoliose behalten ihre Form trotz der Umkehrung der physiologischen Asymmetrien der unteren Extremitäten im Pubertätsalter während des ganzen Lebens bei. Die Ursache hiervon ist die Händigkeit, die grösseres Gewicht und grössere Funktion des besser koordinierten Armes, kräftigere Schultermuskulatur auf derselben Seite usw. zur Folge hat.

D. Bei den physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und der statischen Skoliose entstehen folgende asymmetrische Belastungsverhältnisse im oberen Nackengelenk:

1. Bei der Totalskoliose ist der Kondylus stärker belastet, der auf der konkaven Seite der Rückgratskrümmung liegt.

2. Bei allen Formen von kombinierter Skoliose ist der Kondylus stärker belastet, welcher auf der Seite liegt, nach der die Konvexität der Thorakalskoliose gerichtet ist.

E. Der rechte Kondylus muss in ca. 80 % grösserer Belastung ausgesetzt sein als der linke. In 20 % verhält es sich umgekehrt.

F. Bei asymmetrischer Belastung der Hinterhauptskondylen muss der stärker belastete Kondylus ventralverschoben werden.

III. Ich stelle folgende Fragen zur Beantwortung:

A. Treten unter normalen Verhältnissen Formveränderungen im oberen Nackengelenk ein, die auf asymmetrische Belastung desselben zurückgeführt werden können?

B. Sind solchenfalls die Veränderungen derart, dass man vermuten kann, dass die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und die statische Skoliose die Ursache derselben sind?

C. Für den Fall einer Bejahung dieser Fragen werden weitere drei Fragen gestellt:

1. Wie früh treten die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen auf?

2. Eine wie grosse Frequenz haben die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen bei Kindern in verschiedenem Alter?

3. Finden sich bei Kindern und bei Erwachsenen dieselben Formen von physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen?

IV. Ich habe das obere Nackengelenk bei Schädeln von Neugeborenen, von Kindern zwischen 1 und 15 Jahren sowie von Erwachsenen untersucht und folgende Resultate erhalten:

A. Die Hinterhauptskondylen liegen bei Neugeborenen symmetrisch.

B. Während der ersten Kinderjahre findet eine Lateralverschiebung der oralen Enden der Kondylen statt. Diese wird allmählich ventrolateral. Gleichzeitig wachsen die dorsalen Partien der Kondylen in dorsolateraler Richtung.

C. Diese Verschiebungen bewirken, dass die Kondylen mit den Jahren eine mehr sagittale Stellung bekommen als bei Neugeborenen.

D. Die Kondylen wachsen sowohl absolut als relativ mit zunehmendem Alter, wenn man als Vergleichsmass den Abstand zwischen dem Basion und dem Opisthion benutzt (d. h. die maximale Länge des Foramen occipit. magnum). Das Wachstum erfolgt bei jüngeren Individuen rascher als bei älteren.

E. Die Verschiebung der Kondylenenden findet bis etwa zum 4. Lebensjahre symmetrisch statt. Hierauf kommt der rechte Kondylus in seiner Gesamtheit mehr ventral und medial zu liegen als der linke. Diese Asymmetrien sind im Normalmaterial von der Gruppe »8 1 12 15 Jahre alt» inkl. statistisch sichergestellt.

F. Die Anzahl symmetrischer Fälle ist bis etwa zum Alter von 4 Jahren am grössten (ca. 80 %). Danach sinkt sie rasch und beträgt bei Erwachsenen < 10 %.

G. Die asymmetrischen Fälle bestehen aus zwei verschiedenen Formen. Die erste weist Ventral- und Medialverschiebung des rechten Kondylus auf, die zweite ist das Spiegelbild der ersten.

H. Bei Neugeborenen und Kindern unter 4 Jahren kommen die bei-

den Formen von asymmetrischen Kondylen ungefähr gleich oft vor. Nach dieser Zeit ist der rechte Kondylus in $> 80\,\%$ und der linke in $< 20\,\%$ ventralverschoben.

I. Die Asymmetrien nehmen sowohl absolut als relativ mit steigendem Alter an Grösse zu.

V. Aus diesen Untersuchungsresultaten glaube ich folgende Schlüsse ziehen zu können:

A. Die festgestellten Asymmetrien der beiden Hinterhauptskondylen können möglicherweise auf ungleicher Belastung derselben beruhen.

B. Die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und die statische Skoliose können denkbarerweise die Ursache der Schrägbelastung im oberen Nackengelenk sein.

C. Die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen finden sich vermutlich schon bei kleinen Kindern, wenngleich sie äusserlich erst zwischen dem 6. und 10. Lebensjahr wahrgenommen werden können.

D. Die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen kommen wahrscheinlich bei der Mehrzahl der Kinder schon in den ersten Lebensjahren vor.

E. Die Belastungsverhältnisse des Rückgrats sind vermutlich bei Kindern und Erwachsenen gleich.

F. Das Verhältnis zwischen der Anzahl »normalstatischer» und »invertierter» Fälle dürfte bei älteren Kindern und Erwachsenen dasselbe sein.

G. Die physiologischen Asymmetrien der unteren Extremitäten von Kindern können denkbarerweise die Form und Entwicklung der physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen und der statischen Skoliose bestimmen.

Kap. VII.

Atlasassimilation und pathologische Verwachsung im oberen Nackengelenk.

Fragestellungen. Literaturübersicht.

Ossöse Verwachsungen zwischen dem Os occipitale und dem Atlas kommen, wenn auch ziemlich selten, vor. Sie zerfallen in zwei grundsätzlich verschiedene Arten:

1. Intrauterin entstandene Verwachsungen.
2. Postembryonale Verwachsungen.

Zum Verständnis der Ätiologie der intrauterinen Verwachsungen gebe ich hier eine ganz kurze Übersicht über die Ontologie der Kopf-

Hals-Grenze. Dabei stütze ich mich vor allem auf folgende Autoren: Froriep (1883), Disse (1896), Grimme (1904), Broman (1911), Keibel u. Mall (1911), Weigner (1912), Gladstone u. Erichsen-Powell (1914—15), Noack (1915), Barge (1918, 1917—20), Bolk (1921), Oetterking (1923), Hayek (1927).

Das axiale Mesenchym wird sehr früh segmentiert. Jedes Segment (Sklerotom) teilt sich in eine kraniale und eine kaudale Hälfte. Die letztgenannte wird Skleromer genannt. Von diesem wachsen 3 Paar Fortsätze aus:

1. 2 Neuralfortsätze, welche dorsomedial gerichtet sind und den Wirbelbogen bilden.

2. 2 Kostalfortsätze, die den Proc. costotransversarius bilden.

3. 2 Chordalfortsätze, welche medial verlaufen und die Chorda umschliessen.

Aus der kranialen Segmenthälfte geht der Wirbelkörper hervor. Der definitive Wirbel wird durch Vereinigung eines Skleromers und der kranialen Hälfte des kaudal von diesem liegenden Segments gebildet.

In dem kaudalen Teil der Anlage des Os occipitale kann man in einem frühen embryonalen Stadium dieselbe Segmentierung konstatieren wie im spinalen Teil des Körpers. Die Anzahl der Segmente des Hinterhauptsbeins beträgt wahrscheinlich drei. Nur das kaudalste ist so gut entwickelt, dass es das Aussehen einer gewöhnlichen Wirbelanlage hat (Frorieps Okzipitalwirbel).

Der Nervus hypoglossus ist in der ersten Embryonalperiode in drei Äste geteilt, einen für jedes Okzipitalsegment. Sie verschmelzen bald und werden oral und okzipital durch ein Paar vom medialen Mesenchym kommende Fortsätze begrenzt. Diese bestehen, wie man annimmt, entweder aus den Spinal- oder den Costo-transversalfortsätzen der beiden letzten Wirbelelemente des Hinterhauptsbeins.

Die Kopf-Hals-Grenze verläuft normaliter zwischen dem letzten okzipitalen und dem ersten zervikalen Sklerotom. Dies bedeutet, dass Frorieps Okzipitalwirbel nur von einem Skleromer gebildet wird, der Atlas aber aus 3 Segmenthälften.

Die Neuralfortsätze des Atlas und des Froriepschen Okzipitalwirbels verschmelzen nicht mit dem Wirbelkörper, sondern mit einer ventral von diesem liegenden Spange, der hypochordalen Spange. Sie werden von den betreffenden Skleromeren gebildet. Die Körper der genannten beiden Wirbel wandern kaudalwärts und nehmen an der Bildung des Dens epistrophei teil.

Die hypochordale Spange des Atlas bildet im grossen und ganzen den Arcus ventralis atlantis. Das entsprechende Gebilde am Okzipitalwirbel wird in Form zweier kleiner, ventromedial gerichteter Spangen angelegt, welche ventral verschmelzen. Aus ihren dorsolateralen Teilen entsteht das ventrale Viertel der Hinterhauptskondylen. (Die dorsolateralen drei Viertel werden von den ventralen Teilen der Neuralfort-

sätze gebildet.) Unter normalen Verhältnissen wird der Teil der hypochordalen Spange des Okzipitalwirbels, der nicht die Gelenkkondylen aufbaut, zurückgebildet.

Von den hinteren Enden der Hinterhauptskondylen setzen sich die Neuralfortsätze dorsalwärts fort und bilden den Rand des Foramen occipit. magnum. Während der früheren Embryonalperiode sind die Hinterhauptskondylen durch Bindegewebe stark an der Massa lateralis atlantis fixiert. Das obere Nackengelenk entsteht dadurch, dass das zusammenhaltende Gewebe verschwindet und nur die Gelenkkapsel und die Ligamente bestehen bleiben. Dieser Prozess schreitet sukzessiv in ventrodorsaler Richtung fort. Wenn Störungen im normalen Verlauf der Entwicklung auftreten, können Verwachsungen zwischen dem Atlas und dem Os occipitale in folgender Weise entstehen:

1. Die kaudale Hälfte des letzten okzipitalen Segments verschmilzt in grösserer Ausdehnung mit dem kranialen Teil des ersten zervikalen Segments.

2. Die embryonale Verbindung zwischen den Hinterhauptskondylen und der Massa lateralis atlantis wird nicht aufgelockert, sondern bleibt während des ganzen Lebens bestehen.

3. Durch kräftige Entwicklung der kaudalen Hälfte des letzten okzipitalen Segments können Verbindungen zwischen Atlas und Os occipitale entstehen. Diese haben einen anderen Charakter als die beiden erstgenannten. Deshalb übergehe ich sie hier und werde sie in Kap. VIII behandeln.

Vermutlich besteht keine prinzipielle Verschiedenheit zwischen den oben angeführten Gruppen 1 und 2. Möglicherweise tritt in der ersteren in ausgesprochenen Fällen eine stärkere Verwachsung ein als in der letzteren. Ich vereinige sie deshalb unter der gemeinsamen Bezeichnung Atlasassimilation.

Die Ätiologie der Atlasassimilation.

Man hat zahlreiche verschiedene Auffassungen ausgesprochen. So weisen Kollmann (1905 und 1907) sowie Swjetschnikow (1906 u. 1908) auf die Reduktion des Atlas hin, die zwischen dem Menschen und den Tieren stattgefunden habe. Sie glauben, dass die Atlasassimilation ein Glied dieser Reduktion des ersten Zervikalsegments ist. Indem sie phylogenetische Gesichtspunkte an die Kopf-Hals-Grenze anlegen, kommen Bolk (1906), Le Double (1912) u. a. zu der Auffassung, dass die Kraniovertebralgrenze auf der Wanderung kaudalwärts begriffen ist. Die Atlasassimilation soll ein Effekt dieser Erscheinung sein. Ungefähr dieselbe Einstellung haben diejenigen, welche meinen, dass die Atlasassimilation ein progressiver Prozess ist [Swjetschnikow (1906), Kallius (1930), Bystrow (1931) u. a.]. Da der Atlas und das Os occipitale embryonal verwachsen sind, nehmen Gladstone u. Erichsen-Powell (1914—15) sowie Stiemens (1929) an, dass die Atlasassimila-

tion als ein regressiver Prozess zu betrachten sei. Man hat in ihr auch einen Ausdruck dafür erblickt, dass die Kopf-Hals-Grenze nicht fix ist, sondern die Neigung hat, in ihrer Lage zu variieren [Chiarugi (1895), Bolk (1906), Swjetschnikow (1906), Tromantano-Gueritore (1927), Heidsieck (1931)]. Glaesmer (1909) und Tromantano-Gueritore (1927) betrachten die Erscheinung von funktionellen Gesichtspunkten. Sie machen geltend, dass der Mensch infolge seines aufrechten Ganges das obere Nackengelenk nicht mehr braucht. Seine Funktion sei von dem übrigen Teil der Halswirbelsäule übernommen worden. Dies sei die Ursache der Atlasassimilationen. Viele halten einen erhöhten intrauterinen Druck für einen ätiologischen Faktor [Schiffner (1878), Serger (1888), Grimme (1904), Bolk (1906), Swjetschnikow (1906), Glaesmer (1909), Gladstone u. Erichsen-Powell (1914—15), Heidsieck (1925), Tromantano-Gueritore (1927)].

Gegen diese Ansicht sind indes von Hayek (1927) und Bystrow (1933) starke Gegengründe angeführt worden. Auch intrauterine entzündliche Prozesse im oberen Nackengelenk hat man als Ursache der Verwachsung hervorgehoben [Regnault (1900), Apert (1901), Le Double (1912) u. a.]. Beweise für die Richtigkeit dieser Auffassung sind nicht erbracht worden.

Da ich selbst keine embryologischen Untersuchungen auf diesem Gebiet vorgenommen habe, verzichte ich darauf, direkt Stellung zu den oben angeführten Theorien zu nehmen. Mein Eindruck ist, dass man die Atlasassimilation als eine Entwicklungsstörung zu betrachten hat. Es bestehen keine triftigen Gründe für die Annahme, dass pathologische Prozesse (erhöhter intrauteriner Druck oder Entzündung) die Ursache der Atlasassimilation sind.

Intrauterin entstandene Verwachsungen im oberen Nackengelenk, welche keine Zeichen von pathologischen Veränderungen aufweisen und deshalb höchstwahrscheinlich auf Entwicklungsstörungen beruhen, nenne ich im folgenden »genuine Atlasassimilationen».

Die pathologischen Ankylosen im oberen Nackengelenk hat man auf folgende Ursachen zurückgeführt:

1. Durchgemachte akute Arthriten im oberen Nackengelenk.
2. Arthrosis deformans.
3. Spondylarthritis ankylopoetica.
4. Traumata mit Verlagerung des Atlas.
5. Tuberkulose im oberen Nackengelenk (Malum suboccipitale).
6. Lues.

[Apert (1901), Glaesmer (1909), Le Double (1912), Stiemens (1929), Ramond (1931), Bystrow (1933) u. a.].

Diese Form von Ankylose im oberen Nackengelenk nenne ich »pathologische Verwachsung».

Gewöhnlich macht es keine grösseren Schwierigkeiten, genuine At-

Abb. 13. Fall mässiger, genuiner Atlasassimilation. (Nach Stiemens, 1929.)

Abb. 14. Fall ziemlich starker, genuiner Atlasassimilation. (Nach Stiemens, 1929.)

lasassimilation und pathologische Verwachsung zu unterscheiden. Die erstgenannte ist durch folgende Merkmale charakterisiert (siehe Abb. 13 und 14):

1. Der Arcus dorsalis atl. ist sehr oft in der Mittellinie gespalten. Eine stark ausgesprochene Assimilation bewirkt immer eine ausgeprägte Reduktion des dorsalen Atlasbogens.

2. Die vordere Begrenzung des Foramen costotransversarium atl. ist oft reduziert. Bisweilen ist sie mehr oder weniger stark gespalten.

3. Der Arcus ventralis atl. ist selten nennenswert reduziert.

4. Bei stärkeren Graden von Assimilation ist der hintere Bogen ganz mit dem Hinterhauptsbein verschmolzen, der Canalis arteriae vertebralis mehr oder weniger verengt, die vereinigte Höhe des Hinterhauptskondylus und der Massa lateralis atl. reduziert und der Arcus ventralis atl. zum grösseren Teil ossös am vorderen Rande des Foramen occipit. magnum befestigt.

5. Der dorsale Teil des Atlas ist durchgehend stärker assimiliert als der ventrale.

Abb. 15. Fall pathologischer Verwachsung im oberen Nackengelenk.

6. Gewöhnlich findet sich ein Spalt zwischen der Pars basialis ossis occipit. und dem Arcus ventralis atl.

7. In leichteren Fällen ist die Gelenkspalte im oberen Nackengelenk offen und nur der hintere Bogen mit dem Rand des Foramen occipit. magnum verschmolzen.

[Regnault (1900), Apert (1901), Swjetschnikow (1908), Noack (1915), Harrower (1923), Hayek (1927), Stiemens (1929), Heidsieck (1931), Bystrow (1933) u. a.].

Die pathologischen Ankylosen des oberen Nackengelenks zeigen folgende Merkmale (siehe Abb. 15):

1. Keine oder bloss unbedeutende Reduktion des Atlas.

2. Exostosen, die den Atlas und das Os occipitale verbinden. Diese finden sich hauptsächlich an den Gelenkflächen.

3. Unregelmässige Substanzverluste des Atlas und Hinterhauptsbeines.

4. Das obere Nackengelenk ist immer angegriffen.

[Apert (1901), Noack (1915), Stiemens (1929)].

Viele Forscher haben Asymmetrien im Grade der Assimilation sowie Verschiebungen des Atlas aus seiner normalen Lage beobachtet. Der Atlas ist oft nach der Seite verlagert, welche weniger assimiliert ist [Hori (1925), Hayek (1927), Heidsieck (1931), Bystrow (1933)]. Dies beruht nach Hayek (1927) darauf, dass die weniger assimilierte Seite des Atlas auch grösser ist. Hierdurch erhält man den Eindruck einer Lateralverschiebung des Wirbels. Der Atlas ist oft rotiert. Diese Bewegung hat um eine vertikale Achse durch den Dens epistrophei

stattgefunden, wobei möglicherweise die linke Seite häufiger ventralverschoben ist als die rechte [Swjetschnikow (1906)]. Regnault (1900) behauptet, dass die Rotationsachse gewöhnlich durch den Hinterhauptskondylus der stärker assimilierten Seite geht.

Diese Asymmetrien bei der genuinen Atlasassimilation werden auf primäre, einseitige Verwachsung des Atlas und des Os occipitale oder auf intrauterine Drehung des Fötuskopfes zurückgeführt [Noack (1915), Stiemens (1929)].

Die Asymmetrien der Atlasassimilation sind von den meisten Forschern nur nebenbei behandelt worden. Keiner hat festzustellen versucht, ob diese Erscheinungen gesetzmässige Verhältnisse aufweisen. Dies beruht unter anderm darauf, dass niemand ausser Stiemens (1929) über ein hinreichend grosses Material verfügt hat.

Die eventuellen Asymmetrien bei pathologischer Verwachsung im oberen Nackengelenk sind meines Wissens nicht studiert worden.

Die Frequenz der Atlasassimilation und der pathologischen Verwachsung.

Diese wird in der Literatur sehr verschieden angegeben. Oft sind die mitgeteilten Werte zu hoch, weil sie sich auf ausgewähltes Material stützen. Solche offenbar unrichtigen Resultate übergehe ich hier. In Tab. 35 stelle ich Angaben von Autoren zusammen, welche auch die Grösse ihres Untersuchungsmaterials angegeben haben. Die Werte beziehen sich auf die Gesamtfrequenz verschiedener Formen von Ankylose im oberen Nackengelenk.

Die genuine Assimilation ist möglicherweise etwas gewöhnlicher als die pathologische Verwachsung. Zusammen stellen sie die überwiegende Mehrzahl der Fälle von Ankylose zwischen dem Atlas und dem Hinterhauptsbein dar.

Symptomatologie der Atlasassimilation und der pathologischen Verwachsung.

Die Verwachsung im oberen Nackengelenk mit symmetrischer Lage des Atlas ruft, wie man annimmt, gewöhnlich keine klinischen Erscheinungen hervor. Die verlorengegangene Bewegungsfähigkeit wird in den übrigen Teilen der Halswirbelsäule kompensiert. Bei asymmetrischer Ankylose im oberen Nackengelenk entsteht ein Zustand, der sich nur durch Röntgenuntersuchung von muskulärer Torticollis unterscheiden lassen dürfte. Der Kopf wird nach der mehr assimilierten bzw. stärker verwachsenen Seite gebeugt gehalten. Es kann auch schwierig sein, den Mund zu öffnen. Die entstehenden Muskelkontrakturen werden als sekundär gegenüber der asymmetrischen Stellung des Kopfes und Halses angesehen [Sangalli (1870), Serger (1888), Dwight (1909), Bertolotti (1920), Feil (1921)]. Bertolotti (1920), Feil (1921) sowie Pommé, Buffé u. Marot (1934) haben beobachtet, dass Indi-

Tabelle 35. *Frequenz der Ankylose im oberen Nackengelenk.*

Verfasser	Anz. untersuchter Fälle	Frequenz in Proz.
Ferra de Macedo [Sueiro (1926—1927)] ...	1 176	0,08
Sommer (1890)	780	0,64
Tromantano-Gueritore (1927)	1 485	2,76
Correia (1927)	1 453	0,32
Monteiro u. Tavarès (1928)	350	1,95
Stiemens (1929)	56 000	0,25

viduen mit asymmetrischer Ankylose im oberen Nackengelenk Skoliose in der Halswirbelsäule nicht vor Beginn des Schulalters bekommen. Es soll sogar bis zum 20. Lebensjahr gedauert haben, bis die Deformation auftrat. Die Skoliose des Kopfes entsteht etwa ein oder einige Jahre später als die des Halses. Ich bin deshalb der Ansicht, dass Grund bestehen dürfte, die erstere als sekundär gegenüber der letzteren aufzufassen.

In der bisherigen Literatur über die Atlasassimilation und die pathologische Verwachsung im oberen Nackengelenk hat man die Bedeutung der Statik für die Asymmetrien bei diesen Zuständen nicht hervorgehoben. Da bei keinem grösseren Material die Unterschiede zwischen der rechten und linken Seite systematisch bearbeitet worden sind, müssen die bisher aufgestellten Behauptungen mit grösster Vorsicht aufgenommen werden.

Nach meiner in Kap. VI aufgestellten Theorie wird der rechte Kondylus in 80 % stärker belastet als der linke, während es sich in den übrigen Fällen umgekehrt verhält, und solche asymmetrischen Druckverhältnisse können eventuell seit dem Alter von ca. 2 Jahren das ganze Leben hindurch bestehen. Wenn die Atlasassimilationen und die pathologischen Verwachsungen von dem statischen Zustand des oberen Nackengelenks beeinflusst werden und die Belastungsverhältnisse die oben (S. 318) beschriebenen sind, müssen diese Prozesse auf der rechten Seite in 80 % und auf der linken in 20 % stärker ausgesprochen sein.

Eigene Untersuchungen.

Materialbeschreibung.

Zusammensetzung des Materials.

Ich habe folgendes Schädelmaterial benutzt:

1. Etwa 56,000 Kranien von einer wahrscheinlich einheitlichen, holländischen Population. Diese Individuen wurden im 19. Jahrhundert

auf einem Friedhof in Amsterdam begraben. Das Schädelmaterial wurde um 1915 von dem verstorbenen Direktor des Anatomischen Instituts in Amsterdam, Prof. Bolk, durchgegangen. Dabei wurden sämtliche Kranien mit Ankylose im oberen Nackengelenk in Verwahrung genommen. Dieselben befinden sich im Anatomischen Institut zu Amsterdam.

2. Ungefähr 1,500 Schädel männlicher Individuen, hauptsächlich von Gotland, welche im J. 1361 in einer Schlacht vor Visby gefallen sind.

3. 969 Schädel von wahrscheinlich einheitlichen mittelalterlichen schwedischen Populationen.

4. 463 Kranien von nicht einheitlichem, zum grössten Teil schwedischem Material.

Die Materialgruppen 2, 3 und 4 werden im Anatomischen Institut zu Uppsala aufbewahrt. Die Anzahl geprüfter Kranien beträgt also etwa 59,000. In diesem Material wurden insgesamt 126 Fälle mit Ankylose im oberen Nackengelenk angetroffen, alle bei erwachsenen Individuen. Von diesen gehören 124 den einheitlichen Materialen an. 63 Fälle habe ich zu der Gruppe »Genuine Atlasassimilationen» und 49 zu »Pathologische Verwachsungen» gerechnet.

Bearbeitung des Materials.

Jedes Kranium mit Ankylose im oberen Nackengelenk infolge genuiner Atlasassimilation oder pathologischer Verwachsung wurde bearbeitet. Dies geschah nach dem untenstehenden Schema. Ein solches wurde für jeden Fall aufgestellt. In Punkt V wird eine Beschreibung des betreffenden Präparats nebst einer ausführlichen Begründung gegeben, warum es zu der einen oder anderen Gruppe gerechnet wird. Unter dem Schema befindet sich eine Skizze der extrakraniellen Fläche der Schädelbasis und des Atlas. In diese ist auch die Ausdehnung der Verwachsungen genau eingezeichnet. Ein solches Verfahren war notwendig, weil ich äusserer Umstände halber nicht in der Lage war, jedes einzelne Präparat zu photographieren.

Präparat Nr. ... Geschlecht ... Alter in Jahren ... Materialgruppe ...

I. *Diagnose:* Genuine Assimilation. Pathologische Verwachsung. Diagnose: ...

II. *Arcus ventralis atlantis.*

1. Bogen geschlossen. Bogen reduziert. (... mm dick.) Normal.
2. Bogen offen (siehe Bemerkungen).
3. Grösster Abstand zwischen der Basis occ. und dem Arcus ventr. atl. ... mm.
4. Abstand zwischen der Mittellinie und dem rechten Ende des Spaltes ... mm.
5. Abstand zwischen der Mittellinie und dem linken Ende des Spaltes ... mm.
6. Facies articularis dentalis.
   Mittelpunkt der Gelenkfläche ... mm rechts, links von der Mittellinie.

III. *Massa lateralis atlantis.*

1. Facies articularis caudalis.
   a. Plan. Konvex. Konkav.
   b. Rechts: grösste Länge ... mm, grösste Breite ... mm.
   c. Links: grösste Länge ... mm, grösste Breite ... mm.
   d. Der Mittelpunkt der Gelenkfläche steht ... mm höher ...
2. Proc. costotransversarius.
   a. Gross. Mittelgross. Reduziert.
   b. Ventrale Spange rechts gespalten.
   c. Ventrale Spange links gespalten.
   d. Dorsale Spange rechts gespalten.
   e. Dorsale Spange links gespalten.
   f. Abstand zwischen dem lateralen Rand der Fac. artic. caud. dxt. und der Spitze des Proc. costotransv. dxt. ... mm.
   g. Abstand zwischen dem lateralen Rand der Fac. artic. caud. sin. und der Spitze des Proc. costotransv. sin. ... mm.
   h. Abstand zwischen dem Proc. costotransv. dxt. und der Frontalebene durch den Proc. mast. ... mm.
   i. Abstand zwischen dem Proc. costotransv. sin. und der Frontalebene durch den Proc. mast. ... mm.
   j. Abstand zwischen dem Proc. costotransv. dxt. und dem Proc. styl. dxt. ... mm (kürzester Abstand).
   k. Abstand zwischen dem Proc. costotransv. sin. und dem Proc. styl. sin. ... mm (kürzester Abstand).
   l. Abstand zwischen der Schädelbasis und dem Proc. costotransv. dxt. ... mm (kürzester Abstand).
   m. Abstand zwischen der Schädelbasis und dem Proc. costotransv. sin. ... mm (kürzester Abstand).

IV. *Arcus dorsalis atlantis.*

1. Gespalten.
2. Die Enden der Bogenteile sind: ...
3. Die Spitze des rechten Teils liegt ... mm von der Mittellinie.
4. Die Spitze des linken Teils liegt ... mm von der Mittellinie.
5. Grösster Abstand des rechten Teils vom Rande des For. occ. magnum ... mm.
6. Grösster Abstand des linken Teils vom Rande des For. occ. magnum ... mm
7. Sulc. art. vert. dxt.
8. Sulc. art. vert. sin.

V. *Bemerkungen.*

Sämtliche Messungen wurden mit dem Passer vorgenommen. In schwer zu beurteilenden Fällen fanden die Bestimmungen mehrmals nacheinander statt, worauf der Mittelwert notiert wurde. Die Messmethode ist mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Ich habe deshalb nicht angenommen, dass ein Unterschied zwischen den entsprechenden Abständen auf beiden Seiten bestand, wenn dieser nicht $>$ 1 mm betrug. Um den Charakter der Ankylose mit grösstmöglicher Sicherheit feststellen zu können, wurde das Material zweimal mit 1—2 Wochen Zwischenraum durchgegangen.

Nach Bearbeitung jedes einzelnen Präparats nach dem obigen Schema und in der oben angegebenen Weise machte es niemals Schwierigkeiten

zu entscheiden, zu welcher der drei folgenden Gruppen die Fälle zu rechnen waren:

1. Genuine Atlasassimilation.
2. Pathologische Verwachsung.
3. Ankylose infolge starken Hervortretens des letzten Okzipitalwirbels.

In diesem Kapitel wird nur die Bearbeitung von Fällen der Gruppen 1 und 2 besprochen.

Bei Beurteilung der Frequenz der beiden Ankyloseformen und ihres Verhältnisses zueinander benutzte ich nur das holländische Material. Auf diese Weise wurde eine Vermengung verschiedener Materialgruppen vermieden. Die Sicherheit der Angaben wurde hierdurch nicht nennenswert vermindert, da die benutzte Population den Hauptteil des Materials ausmacht.

Wegen der Mängel der Untersuchungsmethode (siehe unten) habe ich bei der statistischen Behandlung nicht die numerischen Werte der verschiedenen Abstände bearbeitet. Statt dessen habe ich für jeden einzelnen Fall registriert:

1) den Unterschied im Grad der Ankylosierung zwischen der rechten und linken Seite;
2) den Unterschied im Grad der Reduktion zwischen der rechten und linken Seite;
3) ob der Atlas nach oder von der stärker ankylosierten Seite verschoben war;
4) ob die Rotation des Atlas eine Ventral- oder Dorsalverschiebung der linken Seite des Wirbels herbeigeführt hatte;
5) ob der Atlas in seiner Gesamtheit ventralverschoben war oder nicht.

Mängel des Materials und der Untersuchungsmethode.

Das Untersuchungsmaterial ist seinem Ursprung nach uneinheitlich. Die Rassen- und Zeitunterschiede dürften keine grössere Rolle gespielt haben, da die Befunde bei den verschiedenen Materialgruppen völlig übereinstimmen.

Geschlecht und Alter sowie ein Teil der gewünschten Abstände konnten bei gewissen Präparaten nicht bestimmt werden, da diese bloss aus der Nackenregion mit dem ankylosierten oberen Nackengelenk bestanden. In einer kleineren Anzahl von Fällen ist der Atlas verletzt, so dass ich keine exakten Werte für eventuelle Asymmetrien erhalten konnte. Die Wirbelsäule ist in ihrer Gesamtheit nur in wenigen Fällen in Verwahrung genommen worden, was ein erheblicher Mangel ist. Es wäre nämlich von grossem Interesse gewesen, ihre statischen Verhältnisse, eventuelle Missbildungen usw. zu untersuchen.

Die Bestimmung der verschiedenen Abstände ist mit nicht geringen Fehlerquellen behaftet, von denen namentlich folgende hervorzuheben sind:

1. Es ist schwierig, die entsprechenden Abstände mit derselben Projektion zu messen, wenn das Präparat nur aus einem kleineren Teil des Schädels besteht.

2. Es ist bisweilen eine heikle Sache, genau zu entscheiden, welche Punkte bei Bestimmung eines Abstands zu wählen sind.

3. Die Asymmetrien des Schädels selbst beeinflussen die Messresultate.

Die angewandte Untersuchungsmethode gibt in jedem einzelnen Fall völlig deutliche Auskunft hinsichtlich der auf S. 334 gestellten Fragen. Deshalb halte ich mich trotz der Mängel des Materials und der Untersuchungsmethoden für berechtigt, Schlüsse aus den erhaltenen Resultaten zu ziehen.

Sämtliche Präparate mit Ankylose im oberen Nackengelenk scheinen von erwachsenen Individuen zu stammen. Dies ist ein grosser Nachteil, da ich infolgedessen keine Gelegenheit hatte, die Atlasassimilation und die pathologische Verwachsung in verschiedenen Lebensaltern zu studieren.

Untersuchungsresultate.

Der Zusammenhang zwischen dem Grade der Ankylose und der Intensität der Atlasreduktion.

Frühere Autoren haben behauptet, dass die Atlasassimilation und in gewissem Grade auch die pathologische Verwachsung im oberen Nackengelenk eine Reduktion des Atlas herbeiführt (siehe oben). Ich will diese Frage behandeln, weil es für die weitere Diskussion notwendig ist, dass man von der Richtigkeit dieser Behauptung ausgehen kann. Die bisherigen Untersuchungen sind indes an so kleinem Material vorgenommen, dass ein sicherer Zusammenhang zwischen dem Grade der Ankylose und der Reduktion des Atlas nicht beobachtet werden konnte.

Die Reduktion des Wirbels suchte ich dadurch festzustellen, dass ich untersuchte:

1) die allgemeine Grösse des Wirbels;

2) die Dicke der Wirbelbogen und die eventuelle Spaltung des Arcus dorsalis atl.;

3) die Grösse der Seitenfortsätze und die eventuelle Spaltung der ventralen Begrenzung des Foramen costostransversarium atl.

Das sicherste und unzweideutigste Zeichen einer Reduktion scheint mir Spaltung des hinteren Atlasbogens und der ventralen Begrenzung des Foramen costotransversarium atl. zu sein.

Der Arcus dorsalis atl. ist in sämtlichen Fällen von Atlasassimilation in meinem Material gespalten oder äusserst stark reduziert und mit dem

dorsalen Rand des Foramen occipit. magnum verschmolzen. Wenn der letztgenannte Zustand besteht, dürfte es unmöglich sein zu entscheiden, ob der dorsale Bogen gespalten ist oder nicht. Kein Fall von pathologischer Ankylose im oberen Nackengelenk zeigt entsprechende Veränderungen. Zum Vergleich sei bemerkt, dass ich bei einem einheitlichen Normalmaterial von Atlaswirbeln (3,875 Stück) Spaltung des dorsalen Bogens in 2,89 ± 0,27 % fand.

Die ventrale Begrenzung des Foramen costotransversarium atl. ist bei genuiner Atlasassimilation in 49,1 ± 6,9 % gespalten. Der entsprechende Wert für die pathologischen Verwachsungen ist 8,9 ± 4,2 %. (Differenz zwischen den beiden Materialgruppen = 40,2 ± 8,1.) In meinem Normalmaterial von Atlantes ist die ventrale Begrenzung des Foramen costotransversarium atl. in 5,63 ± 0,37 % gespalten.

Dies bedeutet, dass genuine Atlasassimilation fast immer mit einer Spaltung des Arcus dorsalis atl. einhergeht, und dass dies oft auch für die ventrale Begrenzung des Foramen costotransversarium atl. gilt. Entsprechende Verhältnisse konnten bei pathologischer Verwachsung im oberen Nackengelenk nicht beobachtet werden.

Es erschien mir von ausserordentlich grossem Interesse zu untersuchen, ob ein Zusammenhang zwischen dem Grade der Atlasreduktion und der Intensität der Ankylose im oberen Nackengelenk besteht.

Der erstgenannte wurde in der oben beschriebenen Weise konstatiert. Nach einiger Übung machte es keine grössere Schwierigkeit, die Reduktion in drei verschiedene Grade, schwach, mässig und stark, einzuteilen.

Die Intensität der Ankylose wurde bestimmt durch Untersuchung:

1) der vereinigten Höhe des Condylus occipitalis und der Massa lateralis atlantis;

2) der Verengerung des Sulcus bzw. des Canalis arteriae vert.;

3) der Ausdehnung der ossösen Verwachsung zwischen Atlas und Os occipitale.

Auch der Grad der Ankylose kann in derselben Weise wie die Reduktion des Atlas in die Gruppen, schwach, mässig und stark, eingeteilt werden (siehe Abb. 13 und 14).

Die Grenze zwischen diesen Gruppen ist fliessend. Exakte Regeln für die Registrierung lassen sich nicht aufstellen, weshalb die Einteilung an einer nicht geringen Unsicherheit leidet. Um diese möglichst zu verringern, habe ich jeden Fall zweimal mit einem Zwischenraum beurteilt. Die Ergebnisse dieser beiden Bestimmungen stimmen sehr gut überein. Die Mängel der Untersuchungsmethoden halte ich nicht für so gross, dass die beschriebene Bearbeitung keinen Wert hätte. Die Resultate sind in Tab. 36 zusammengestellt. Aus dieser geht hervor, dass die Grade der Reduktion und der Verwachsung bei genuiner Atlasassimilation im grossen und ganzen einander entsprechen. Bei der pathologischen Verwachsung findet sich nicht einmal eine Andeutung hiervon.

Tabelle 36. *Zusammenhang zwischen dem Grad der genuinen Atlasassimilation bzw. pathologischen Verwachsung und der Reduktion des Atlas. (Alle Werte sind in Proz. angegeben.)*

	Assimilat.- bzw. Verwachs.-grad	Anz. unters. Fälle	Keine Reduktion	Schwache Reduktion	Mässige Reduktion	Starke Reduktion
Genuine Assimilat.	Stark	23	0	0	17,4	82,6
	Mässig	33	0	15,2	84,9	0
	Schwach	6	0	100	0	0
Patholog. Verwachs.	Stark	18	94,4	5,6	0	0
	Mässig	23	82,6	17,4	0	0
	Schwach	7	85,7	14,3	0	0

Die Unterschiede im Grade der Ankylose und der Reduktion zwischen der rechten und linken Seite.

Die Unterschiede im Grade der Ankylose und der Reduktion zwischen der rechten und linken Seite wurden grundsätzlich in der oben angegebenen Weise bestimmt.

1. Reduktion des Arcus dorsalis atl. Der dorsale Bogen des Atlas ist, wie ich gezeigt habe, bei Fällen von pathologischer Verwachsung im oberen Nackengelenk nur selten gespalten. Deshalb konnte ich in diesem Zustand den Unterschied in der Reduktion des Arcus dorsalis atl. auf beiden Seiten nicht mit Sicherheit beurteilen.

Die Atlasassimilation zeigt symmetrische Reduktion des dorsalen Atlasbogens in $28{,}9 - 6{,}3\,\%$. Die rechte Seite weist Tendenz zu stärkerer Reduktion auf als die linke. (Die Differenz gegen 50 % beträgt, wenn man sowohl die asymmetrischen als die symmetrischen Fälle berücksichtigt, $13{,}2 \pm 6{,}6$, und wenn nur die erstgenannten Fälle mitgerechnet werden, $23{,}0 \pm 9{,}0$.)

2. Die Verengerung des Canalis arteriae vertebralis. Ausgesprochene Reduktion des Arcus dorsalis atl. geht gewöhnlich mit einer starken Verwachsung zwischen diesem und dem Rande des Foramen occipit. magnum einher. Eine kräftige solche Verbindung bewirkt bisweilen Verengung der Durchtrittsstelle der Arteria vertebralis zwischen der Schädelbasis und dem Atlas (Canalis arteriae vert.). Dies habe ich nur bei Fällen von genuiner Atlasassimilation beobachtet. In $36{,}2 \pm 6{,}3\,\%$ ist der Kanal auf der rechten und linken Seite gleich weit. Die asymmetrischen Fälle zeigen kein bestimmtes Überwiegen für eine der beiden Seiten.

3. Reduktion der ventralen Begrenzung des Foramen costotransversarium atl. Die Spaltung der ventralen Begrenzung des Foramen costo-

Tabelle 37. *Spaltung der ventralen Begrenzung des Foramen costotransversarium atlantis.*

	Anz. unters. Fälle	Rechts gespalten	Links gespalten	R. u. L. gespalten
Genuine Assimilat....	53	22,6 %	0	26,4 %
Patholog. Verwachs. .	45	2,2 %	0	6,7 %

transversarium atl. geht aus Tab. 37 hervor. In den Fällen von genuiner Atlasassimilation besteht ein wahrscheinliches Übergewicht für die rechte Seite. (Berücksichtigt man sämtliche positive Fälle, so ist die Differenz gegen 50 % 16,7 ± 6,3). Die Reduktion des Atlas bei pathologischer Verwachsung ist so selten, dass mein Material keine statistische Bearbeitung dieser Fälle gestattet.

Frühere Autoren weisen darauf hin, dass ein Grössenunterschied zwischen dem Proc. costotransversarius dxt. und sin. besteht. Ich habe den Abstand zwischen dem lateralen Rande der Facies articulares caudales atlantis und der Spitze des Transversalfortsatzes derselben Seite gemessen. Die genuinen Atlasassimilationen zeigen symmetrische Verhältnisse in 3,8 + 2,6 %, die pathologischen Verwachsungen in 16,7 ± 6,2 %. Bearbeitet man sämtliche positive Fälle, so ist die Differenz gegen 50 % für die Fälle mit genuiner Atlasassimilation 4,5 + 6,7 und für die mit pathologischer Verwachsung 2,4 ± 7,7. Berechnet man die entsprechenden Differenzen lediglich auf Grund der asymmetrischen Fälle, so betragen sie 5,1 ± 7,0 und 3,3 ± 9,1. Es scheint also kein Unterschied zwischen den beiden Seiten zu bestehen.

4. Die vereinigte Höhe des Condylus occipit. und der Massa lateralis atl. Der Abstand zwischen der Schädelbasis unmittelbar ventral von den Hinterhauptskondylen und einer Horizontalebene durch den Mittelpunkt der unteren Gelenkfläche des Atlas wurde auf jeder Seite bestimmt. Dies macht gewisse technische Schwierigkeiten, weshalb nur völlig sichere Unterschiede zwischen der rechten und linken Seite notiert wurden. Die Ergebnisse sind in Tab. 38 zusammengestellt. Die Frequenz der symmetrischen Fälle ist möglicherweise bei stärkeren Formen von Ankylose grösser als bei schwächeren. Durchgehend steht die Facies articulares caudales atl. auf der rechten Seite höher als auf der linken. In den asymmetrischen Fällen gilt dies in 70—90 %. Berücksichtigt man sowohl die symmetrischen als die asymmetrischen Fälle, so bekommt man ein sichergestelltes Überwiegen auf der rechten Seite sowohl für die genuine Atlasassimilation als für die pathologische Verwachsung. (Die Differenz gegen 50 % beträgt für die erste Gruppe 20,4 ± 5,9, für die zweite 23,7 ± 6,6.)

Tabelle 38. *Gesamthöhe von Kondylus occipitalis und Massa lateralis atlantis bei verschiedenen Graden genuiner Atlasassimilation bzw. pathologischer Verwachsung.*

	Assimilat.- bzw. Verwachs.-grad	Anz. unters. Fälle	Symmetrische Fälle in Proz.	Rechts kleiner in Proz.	Links kleiner in Proz.
Genuine Assimilation . .	Stark	23	21,7	52,2	26,1
	Mässig	34	8,8	73,5	17,6
	Schwach	6	0	83,3	16,7
Pathолog. Verwachsung	Stark	18	27,8	66,7	5,6
	Mässig	23	8,7	73,9	17,4
	Schwach	8	12,5	62,5	25,0

Wie in Kap. II bemerkt wurde, ist es von Interesse, das Verhältnis zwischen der empirisch gefundenen Anzahl symmetrischer Fälle und der theoretisch berechneten festzustellen, wenn man sowohl die Anzahl positiver als negativer Fälle kennt. In dem Material genuiner Atlasassimilationen finden sich 8 Fälle mit gleicher gemeinsamer Höhe der Massa lateralis atl. und des Condylus occipit. auf der rechten und linken Seite. Die berechnete Anzahl ist 0,02. Die entsprechenden Werte für die pathologischen Verwachsungen sind 8 und 0,01 Fälle.

5. Der kleinste Abstand zwischen der Schädelbasis und dem Proc. costotransversarius atl.

Dieser Abstand hat keinen grösseren Wert für die Beurteilung des Unterschiedes im Grade der Ankylose zwischen der rechten und linken Seite. Der Grund hiervon ist teils, dass der Proc. costotransversarius atl. oft auf der rechten und linken Seite einen verschiedenen Winkel mit der Horizontalebene bildet, teils, dass der lateralste Teil des Proc. costotransversarius atl. nicht selten auf beiden Seiten ungleich entwickelt ist. Eine sichere Asymmetrie konnte deshalb hinsichtlich dieses Abstandes nicht festgestellt werden.

6. Die Ausdehnung der ossösen Verwachsung zwischen dem Arcus ventralis atl. und der Schädelbasis.

Einen weiteren Ausdruck für den Grad der Ankylose auf der rechten und linken Seite erhält man dadurch, dass man den Abstand zwischen dem Tuberculum ventrale atl. und dem lateralen Rand des Spaltes zwischen dem Arcus ventralis atl. und der Schädelbasis bestimmt. Bei den ausgesprochensten Formen von genuiner Atlasassimilation fehlt dieser Spalt. Diese Fälle konnten hier also nicht bearbeitet werden. Ebenso verhält es sich bei pathologischer Verwachsung mit stark ausgesprochenen Hyperostosen. Der genannte Spalt liegt bei genuiner Atlas-

Tabelle 39. *Entwicklung der Ankylose auf der rechten und linken Seite bei verschiedenen Graden genuiner Atlasassimilation bzw. pathologischer Verwachsung.*

	Assimilat.- bzw. Verwachs.-grad	Anz. unters. Fälle	Symmetrische Fälle in Proz.	Rechts-Übergewicht in Proz.	Links-Übergewicht in Proz.
Genuine Assimilation ..	Stark	22	9,1	68,2	22,7
	Mässig	35	11,4	74,3	14,3
	Schwach	6	0	83,3	16,7
Pathолog. Verwachsung	Stark	18	16,7	77,8	5,6
	Mässig	23	17,4	65,2	17,4
	Schwach	8	0	50,0	50,0

assimilation in $14{,}3 \pm 5{,}0$ % symmetrisch. Der entsprechende Wert für die pathologischen Verwachsungen ist $55{,}0 \pm 7{,}9$ %. Der Spalt liegt gewöhnlich bei der erstgenannten Form zum grösseren Teil auf der linken als auf der rechten Seite. (Bearbeitet man sämtliche positive Fälle, so ist die Differenz gegen 50 % $21{,}4 \pm 6{,}7$; berüksichtigt man bloss die asymmetrischen, so erhält man den Wert $26{,}6 \pm 7{,}7$.) Für die pathologischen Verwachsungen lässt sich keine sichergestellte Asymmetrie konstatieren. (Die Differenz gegen 50 % ist nach den beiden Berechnungsmethoden $4{,}8 \pm 6{,}3$ bzw. $16{,}7 \pm 11{,}8$.)

Berücksichtigt man alle hier angeführten Verhältnisse, so macht es keine Schwierigkeit, im Einzelfall zu entscheiden, welche Atlashälfte stärker mit dem Os occipitale verbunden ist. Ich habe eine solche Beurteilung für das ganze Material vorgenommen. Das Ergebnis ist in Tab. 39 zusammengestellt. Aus dieser ergibt sich:

a. Die asymmetrischen Fälle sind bedeutend häufiger als die symmetrischen.

b. Die Frequenz der symmetrischen Fälle scheint bei starken und mässigen Verwachsungen grösser zu sein als bei schwachen.

c. Die Verwachsung ist auf der rechten Seite stärker als auf der linken.

Berechnet man die Differenz gegen 50 % unter Berücksichtigung sämtlicher positiver Fälle, so erhält man bei genuiner Atlasassimilation $25{,}4 \pm 6{,}0$ und bei pathologischer Verwachsung $21{,}4 \pm 6{,}7$. Die entsprechenden Differenzen sind, wenn man nur die asymmetrischen Fälle in Betracht zieht, $30{,}7 \pm 6{,}6$ und $28{,}6 \pm 7{,}7$. Die empirisch gefundene Anzahl symmetrischer Fälle unter denen mit genuiner Atlasassimilation ist 6, während die theoretisch berechnete 0,02 beträgt. Die entsprechenden Werte für die pathologischen Verwachsungen sind 7 und 0,01.

Die Verschiebung des Atlas bei Atlasassimilation und pathologischer Verwachsung.

A. Lateralverschiebung.

Wenn die Facies articularis dentalis nicht in der Medianebene lag, habe ich dies als ein Zeichen von asymmetrischer Lage des Atlas aufgefasst. Die Ursache einer solchen Verlagerung kann sein:

1. Verschiebung des Atlas in der Frontalebene.
2. Drehung des Atlas um eine vertikale Achse, die nicht durch die Facies articularis dentalis geht.
3. Kombination der beiden ersten Momente.

Wie oben bemerkt, bereitet es wegen der eigenen Asymmetrien des Schädels und des Atlas ziemlich grosse Schwierigkeiten, mit Bestimmtheit zu entscheiden, ob eine Lateralverschiebung des Wirbels stattgefunden hat. Nur bei ganz deutlicher Verschiebung habe ich angenommen, dass ein asymmetrischer Fall vorliegt. Bei dieser Art der Beurteilung fand ich, dass keine Verschiebung des Atlas in der Frontalebene in 25,0 ± 5,8 % bei genuiner Atlasassimilation und in 47,7 ± 7,5 % bei pathologischer Verwachsung stattgefunden hat. Durchgehend scheint die Verschiebung des Wirbels etwas häufiger nach als von der stärker ankylosierten Seite erfolgt zu sein. Diese Tendenz ist indes ziemlich schwach ausgesprochen. Berücksichtigt man sowohl die symmetrischen als die asymmetrischen Fälle, so ist die Differenz zwischen der prozentualen Frequenz für Fälle mit Verschiebung des Atlas nach der stärker ankylosierten Seite und 50 % bei genuiner Atlasassimilation 8,6 ± 6,0, bei pathologischer Verwachsung 8,5 ± 6,2 und bei beiden Gruppen zusammen 8,5 ± 4,3. Bearbeitet man bloss die asymmetrischen Fälle, so bekommt man die Differenzen 14,3 ± 7,7, 23,9 ± 10,4 und 17,7 ± 6,2. Der letztgenannte Unterschied ist statistisch wahrscheinlich. Wegen der ausserordentlich vorsichtigen Beurteilung des Primärmaterials dürfte ich berechtigt sein, diese unsicheren Resultate bis zu gewissem Grade zu berücksichtigen.

B. Sagittale Verschiebung.

Die von früheren Autoren behauptete Ventralverschiebung des Atlas bei Ankylose im oberen Nackengelenk konnte ich in einer grösseren Anzahl von Fällen nachweisen. Diese Verlagerung fehlt in meinem Material bei Atlasassimilation in 87,3 ± 4,2 % und bei pathologischer Verwachsung in 69,4 ± 6,6 %. Da es mir von Interesse erschien zu untersuchen, ob ein Zusammenhang zwischen dem Grade der Ankylose und der Häufigkeit der Ventralverschiebung besteht, habe ich das Material in der aus Tab. 40 ersichtlichen Weise eingeteilt. Diese deutet an, dass der Atlas möglicherweise bei schwacher genuiner Assimilation häufiger ventral verlagert ist als bei starker. Eine gleichartige Tendenz ist bei pathologischer Verwachsung nicht zu bemerken.

Tabelle 40. *Ventralverschiebung des Atlas bei verschiedenen Graden genuiner Atlasassimilation bzw. pathologischer Verwachsung.*

	Assimilat.- bzw. Verwachs.-grad	Anz. unters. Fälle	Ventral-Verschieb. in Proz.
Genuine Assimilation	Stark	23	4,4 ± 2,6
	Mässig	34	11,8 ± 4,1
	Schwach	6	50,0
Patholog. Verwachsung	Stark	18	33,3 ± 6,7
	Mässig	23	34,8 ± 6,8
	Schwach	8	12,5

C. Rotation des Atlas.

Gewöhnlich macht es keine Schwierigkeiten, im Einzelfall schon auf den ersten Blick zu entscheiden, ob der Atlas bei Ankylose im oberen Nackengelenk um eine vertikale Achse rotiert ist. Ich habe versucht, diese Form von Verschiebung so genau wie möglich zu registrieren, indem ich folgende Abstände mass:

1) zwischen der Spitze des Proc. costotransversarius atl. und einer Frontalebene durch die Spitzen des Proc. mastoides;

2) den kürzesten Abstand zwischen der Spitze des Proc. costotransversarius atl. und dem Proc. styloides derselben Seite.

Ausser den oben erwähnten Unsicherheitsmomenten liegen bei der angewandten Messtechnik folgende Fehlerquellen vor:

1. Asymmetrien in der Lage des Proc. mastoides.

2. Die Schwierigkeit, eine sichere Frontalebene durch die Spitzen des Proc. mastoides zu ziehen. Der Fortsatz ist nämlich oft auf der rechten und linken Seite verschieden geformt.

3. Asymmetrien in der Lage des Proc. styloides.

Diese Fehlerquellen sind jedoch relativ klein im Verhältnis zur Rotation des Atlas. Ich halte mich deshalb für berechtigt, meine Auffassung auf die Ergebnisse zu stützen, die durch diese Bestimmungen erhalten wurden.

Es ist schwer, mit grösserer Genauigkeit festzustellen, wo die vertikale Achse liegt, um welche die Drehung stattgefunden hat. Sie scheint mir gewöhnlich durch den Hinterhauptskondylus der stärker ankylosierten Seite gegangen zu sein. Ich habe nämlich niemals eine Dorsalverschiebung der Massa lateralis atl. einer der beiden Seiten beobachtet. Die Resultate der Materialbearbeitung sind in Tab. 41 zusammengestellt. Aus dieser geht hervor:

1. Sowohl bei genuiner Atlasassimilation als bei pathologischer Verwachsung kommt Rotation häufiger bei mässiger und schwacher als

Tabelle 41. *Zusammenhang zwischen dem Grad der genuinen Atlasassimilation bzw. pathologischen Verwachsung und der Rotation des Atlas. R = die Bewegung scheint um eine vertikale Achse durch den rechten Okzipitalkondylus erfolgt zu sein.*
L = die Bewegung scheint um eine vertikale Achse durch den linken Okzipitalkondylus erfolgt zu sein. (Alle Werte sind in Proz. angegeben.)

	Assimilat.- bzw. Verwachs.-grad	Anz. unters. Fälle	Keine Rotation	Schwache Rotation		Mässige Rotation		Starke Rotation	
				R.	L.	R.	L.	R.	L.
Genuine Assimilat.	Stark	23	56,5	30,4	8,7	4,3			
	Mässig	31	3,2	9,7		58,1	22,6		6,5
	Schwach	5				80,0		20,0	
Patholog. Verwachs.	Stark	17	58,8	29,4		5,9		5,9	
	Mässig	23	17,4	13,0	8,7	39,1	8,7	13,0	
	Schwach	9		77,8		11,1		11,1	

bei starker Ankylose vor (Differenz in der ersten Gruppe 55 ± 14 %, in der zweiten 46 ± 13 %).

2. Die starken genuinen Atlasassimilationen zeigen die Tendenz zu weniger ausgesprochenen Rotationen als die schwachen.

3. In den Fällen von genuiner Atlasassimilation mit gedrehtem Atlas ist die Bewegung in 77,6 % um den rechten Kondylus erfolgt (Differenz gegen 50 % 27,6 ± 7,0). Die entsprechenden Werte für die pathologischen Verwachsungen sind 88,2 % bzw. 38,2 ± 5,8. Berücksichtigt man sämtliche positive Fälle, so erhält man für die genuine Atlasassimilation ein wahrscheinliches und für die pathologische Verwachsung ein sichergestelltes Überwiegen auf der rechten Seite. (Differenz gegen 50 %: 15,8 ± 6,0 bzw. 21,0 ± 6,3.) Bearbeitet man nur die Fälle mit mässiger und schwacher Ankylose, wo die Frequenz der symmetrischen Fälle gering ist, so bekommt man ein sichergestelltes Überwiegen für die rechte Seite. In sämtlichen Fällen ausser einem hat die Rotation um den Kondylus der stärker ankylosierten Seite stattgefunden.

Die Frequenz der Atlasassimilation und der pathologischen Verwachsung.

In dem holländischen Material, welches Schädel von ca. 56,000 Individuen umfasst, habe ich 63 Fälle von genuiner Atlasassimilation und 49 von pathologischer Verwachsung gefunden. Dies bedeutet, dass die Frequenz der erstgenannten Form 0,11250 ± 0,00020 % und die der letztgenannten 0,08750 ± 0,00016 % beträgt. Die Gesamtfrequenz ist 0,20000 ± 0,00036 %.

Diskussion der Untersuchungsresultate.

Aus der obigen Darstellung dürfte deutlich hervorgehen, dass es praktisch niemals Schwierigkeiten bereitet, zwischen Fällen von genuiner Atlasassimilation und von pathologischer Verwachsung im oberen Nackengelenk zu unterscheiden. Die ersteren gehen fast immer mit einer Reduktion des Atlas ohne Zeichen pathologischer Prozesse einher. Die Reduktion ist gewöhnlich um so ausgesprochener, je intensiver die Assimilation ist. Deshalb dürfte kein Zweifel darüber bestehen können, dass die genuine Atlasassimilation auf einer Entwicklungsstörung beruht.

Um diese Form von Verwachsung beim Studium der Belastungsverhältnisse im oberen Nackengelenk richtig benutzen zu können, musste ich mir ein Urteil darüber bilden, ob die Verschiebungen des Atlas und die Asymmetrien bei der Atlasassimilation durch verschieden starke Entwicklungsstörung auf beiden Seiten bedingt sind, oder ob es sich um sekundäre postfötale Erscheinungen handelt.

Die bisherige Literatur deutet nur an, dass möglicherweise Asymmetrien bestehen. Die Ätiologie derselben ist jedoch nicht näher erörtert worden.

Es kann nicht als ausgeschlossen betrachtet werden, dass z. B. erbliche Verhältnisse die Ursache sind, dass die Atlasassimilation in der oben konstatierten Weise auf der rechten Seite stärker ist als auf der linken. Dagegen spricht einigermassen, dass Bertolotti (1920), Feil (1921), sowie Pommé, Buffé u. Marot (1934) Asymmetrien erst bei jungen Schulkindern in Kopf und Hals bei genuiner Atlasassimilation gefunden haben.

Es erscheint mir ziemlich klar, dass die Verschiebungen des Atlas nicht mit Entwicklungsstörungen in Zusammenhang gebracht werden können, weil:

1) die Verschiebungen bei schwächeren Formen von Atlasassimilation ausgesprochener sind als bei stärkeren;

2) die Verschiebungen volle Übereinstimmung mit den Druckverhältnissen aufweisen, die im oberen Nackengelenk wegen dessen morphologischer Ausformung bestehen müssen (siehe S. 318).

Ich habe oben nachgewiesen, dass gute Übereinstimmung hinsichtlich der Form und Frequenzverhältnisse der Asymmetrien zwischen genuiner Atlasassimilation und pathologischer Verwachsung im oberen Nackengelenk besteht. Dies spricht in gewissem Grade für eine gemeinsame Ätiologie dieser Unterschiede zwischen der rechten und linken Seite. Die pathologischen Verwachsungen entstehen sicher in gewöhnlichen Fällen erst mehrere Jahre nach der Geburt, weshalb ihre Asymmetrien nicht auf erblichen Verhältnissen beruhen dürften. Deshalb ist die Annahme begründet, dass es sich ebenso mit den Unterschieden

zwischen beiden Seiten bei Atlasassimilation verhält. Diese Annahme kann ich allerdings leider nicht direkt beweisen, weil ich nicht über ein hinreichendes Material von genuiner Atlasassimilation bei Kindern verfüge. In Kap. VIII werde ich indes gewisse Beobachtungen beschreiben, welche diese Auffassung stützen.

Aus diesen Gründen halte ich es für unwahrscheinlich, dass erbliche Verhältnisse die Hauptursache der Asymmetrien bei genuiner Atlasassimilation sind.

Unter diesen Umständen liegt es nahe, an eine asymmetrische Belastung im oberen Nackengelenk als gemeinsame Ursache der Unterschiede im Grade der Ankylose zwischen beiden Seiten bei genuiner Atlasassimilation und pathologischer Verwachsung zu denken. Die erstere würde nach dieser Ansicht keine gesetzmässigen Asymmetrien bei der Geburt aufweisen. Diese würden während der Kinderjahre als sekundäre Folge der statischen Verhältnisse entstehen. Für diese Auffassung spricht meines Erachtens Folgendes:

1. Ein höherer Druck auf den Hinterhauptskondylus der einen Seite muss bei Ankylose im oberen Nackengelenk eine niedrigere gemeinsame Höhe dieses und der Massa lateralis atl. zur Folge haben als auf der entgegengesetzten.

2. Die Reduktion des Atlas (die Spaltung des Arcus dorsalis atl. und der ventralen Begrenzung des Foramen costotransversarium atl.) sowie die Verwachsungen zwischen dem Wirbel und der Schädelbasis zeigen prinzipiell dieselben Asymmetrien wie die gemeinsame Höhe des Condylus occipit. und der Massa lateralis atl. Diese Übereinstimmung ist wahrscheinlich nur eine Teilerscheinung der oben nachgewiesenen Tatsache, dass eine starke Assimilation gewöhnlich mit einer starken Reduktion des Atlas verbunden ist.

3. Unter normalen Verhältnissen schliesst sich der dorsale Atlasbogen im Alter von 3 5 Jahren. Die ventrale Begrenzung des Foramen costotransversarium atl. verschmilzt mit der dorsalen erst im zweiten oder dritten Lebensjahr. Bei Atlasassimilation erfolgt schlechtere Entwicklung des Atlas mit mangelhafter Ossifikation (siehe oben). Daher ist es sehr wohl denkbar, dass die Verknöcherung des ersten Halswirbels durch Verhältnisse beeinflusst werden kann, die in den ersten Kinderjahren auftreten.

4. Nach Bertolotti (1920), Feil (1921) sowie Pommé, Buffé u. Marot (1934) entsteht Torticollis bei genuiner Atlasassimilation nicht vor den ersten Schuljahren.

5. Wie ich in Kap. V gezeigt habe, werden die deformierende Arthrose und die rheumatische Polyarthritis durch funktionelle Verhältnisse der Gelenke beeinflusst. Ich halte es nicht für unwahrscheinlich, dass auch der Entwicklungsgrad spezifischer destruktiver Prozesse im oberen Nackengelenk von der Funktion abhängig sein kann. Asymmetrische Belastung könnte also die Ursache des Unterschiedes im Grade der

Ankylose zwischen der rechten und linken Seite sein, den das Material von pathologischen Verwachsungen aufweist.

Durch diese Betrachtungsart habe ich eine einheitliche Erklärung für die gleichartigen Asymmetrien bei Atlasassimilation und pathologischer Verwachsung im oberen Nackengelenk erhalten. Dies bedeutet, dass der rechte Hinterhauptskondylus für stärker belastet angesehen wird als der linke. Ich habe oben darauf hingewiesen, dass man das zahlenmässige Verhältnis zwischen den rechts- und den linksseitigen Fällen nicht mit Sicherheit bestimmen kann. Es dürfte indes um 4: 1 liegen.

Im vorigen Kapitel habe ich eine Theorie entwickelt, derzufolge der rechte Hinterhauptskondylus in ca. 80 % einem stärkeren Druck ausgesetzt ist als der linke. Wie man sieht, besteht also gute Übereinstimmung zwischen dieser Frequenz und den Asymmetrien bei der genuinen Atlasassimilation und den pathologischen Verwachsungen im oberen Nackengelenk. Deshalb bin ich der Ansicht, dass meine Feststellungen beim Studium der Atlasassimilation und der pathologischen Verwachsung im oberen Nackengelenk ein weiterer indirekter Beweis für die Richtigkeit der genannten Theorie sind.

Auch die Verlagerungen des Atlas im Zusammenhang mit Atlasassimilation und pathologischer Verwachsung sprechen teilweise für die Richtigkeit dieser Ansicht.

A. Lateralverschiebung des Atlas.

Da ein Frontalschnitt durch die Massa lateralis atl. schematisch die Form eines Prismas mit medialgerichteter Spitze hat und die Gelenkfläche des Hinterhauptskondylus kaudal-lateral-ventral gerichtet ist, sucht das Gewicht des Kopfes den Atlas in zwei laterale Hälften zu teilen. Ein höherer Druck auf den einen Kondylus muss zur Folge haben, dass der Atlas nach derselben Seite verschoben wird. Der Winkel zwischen der Fovea articularis cranialis atl. und der Facies articularis caudalis atl. beträgt 70—80°. Dies bedingt, dass die Verschiebung ziemlich unbedeutend sein muss. Diese formalen Verhältnisse sind vermutlich eine der Ursachen, dass der Atlas nur in einer beschränkten Anzahl von Fällen lateral verlagert wird (siehe oben S. 341).

Die Seite des Wirbels, welche stärker ausgesprochene Assimilation bzw. pathologische Verwachsung aufweist, ist nach meiner Theorie grösserer Belastung ausgesetzt gewesen als die entgegengesetzte. Der Atlas muss also gewöhnlich nach der mehr ankylosierten Seite verschoben sein. Ich habe oben darauf hingewiesen, dass es wegen der Asymmetrien des Schädels und des Atlas schwierig ist, kleinere Seitenverschiebungen festzustellen. Ferner habe ich auf meine vorsichtige Beurteilung der einzelnen Fälle aufmerksam gemacht. Dies dürfte teilweise erklären, dass mein Material die genannte Verschiebung nicht beweisen,

sondern nur wahrscheinlich machen konnte. Die Feststellung dürfte jedoch als eine weitere Stütze für meine Theorie in Kap. VI betrachtet werden können.

B. Ventralverschiebung des Atlas.

Wie ich in Kap. VI dargelegt habe, hat der Atlas infolge des Druckes der Hinterhauptskondylen die Neigung, ventral verschoben zu werden. Dies wird unter normalen Verhältnissen durch das Lig. transversum atl. verhindert. Bei Atlasassimilation ist der Wirbel in 12,7 ± 4,2 % und bei pathologischer Verwachsung in 30,6 ± 6,6 % ventral verlagert (kein sichergestellter Unterschied). Fälle mit starker Assimilation weisen vermutlich in dieser Beziehung eine geringere Frequenz auf als solche mit schwacher. Dies kann denkbarerweise auf stärkerer Fixation des Wirbels im ersteren Falle beruhen. Bei pathologischer Verwachsung konnte ich eine solche Tendenz nicht beobachten. Dieser Unterschied zwischen den beiden Materialgruppen kann möglicherweise dadurch bedingt sein, dass bei der letzteren die statischen Verhältnisse oft durch Schmerzzustände, Muskelkontrakturen, Bettlägerigkeit usw. gestört worden sind.

C. Rotation des Atlas.

In Kap. VI wurde dargetan, dass der Atlas wahrscheinlich die Neigung hat, bei asymmetrischer Belastung im oberen Nackengelenk um eine vertikale Achse durch den Dens epistrophei zu rotieren. Diese Bewegung besteht in einer Ventralverschiebung der Massa lateralis atl. der stärker belasteten Seite. Eine solche Rotation konnte bei Atlasassimilation oder pathologischer Verwachsung nicht nachgewiesen werden. Die Drehung ist vielmehr praktisch immer um eine vertikale Achse durch den Kondylus der stärker ankylosierten Seite erfolgt. Der Druck des Kopfes auf die beiden Massae laterales atl. ist kaudal-lateral-ventral gerichtet. Die ventralgerichtete Komponente ist kleiner als die beiden andern. Bei Atlasassimilation dürfte die Fixation des Wirbels am Schädel so stark sein, dass die ventralgerichtete Komponente eine Verschiebung des Atlas erst herbeiführen kann, nachdem sie beträchtliche Zeit gewirkt hat. Dies bedeutet, dass primär eine stärkere Ankylose auf der mehr belasteten Seite entsteht. Die sekundäre Rotation muss deshalb um den stärker verwachsenen Hinterhauptskondylus stattfinden. Für diese Annahme spricht, dass der Grad und die Frequenz der Drehung vermutlich bei starker Atlasassimilation geringer sind als bei schwacher. Bei pathologischer Verwachsung erfolgt die Rotation in entsprechender Weise wie bei Atlasassimilation. Bei diesem Zustand ist es bedeutend schwerer, den Verlauf zu analysieren, weil viele unbekannte Faktoren mitspielen, z. B. die Art der Krankheit,

die Zeit des Auftretens der Krankheit in den beiden Hälften des oberen Nackengelenks, sekundäre Fehlstellungen des Kopfes infolge Schmerz und Muskelkontraktur, Bettlägerigkeit, Behandlung usw.

Aus Obigem dürfte hervorgehen, dass die Asymmetrien, welche beim Studium der Atlasassimilation und der pathologischen Verwachsung im oberen Nackengelenk festgestellt wurden, eine Stütze für die in Kap. VI aufgestellte Theorie liefern. Umstände, welche dieser Theorie direkt widersprechen, haben sich nicht ergeben.

Zusammenfassung.

I. Die Untersuchungsergebnisse dieses Kapitels sind folgende:

A. Es macht gewöhnlich keine Schwierigkeiten zu entscheiden, ob eine Ankylose im oberen Nackengelenk durch genuine Atlasassimilation oder pathologische postembryonale Verwachsung hervorgerufen ist.

B. Der Arcus dorsalis atl. ist bei genuiner Atlasassimilation entweder gespalten oder auch sehr stark reduziert und in seiner Gesamtheit mit dem dorsalen Rande des Foramen occipit. magnum verschmolzen.

C. In keinem Fall von pathologischer Verwachsung im oberen Nackengelenk habe ich gefunden, dass der dorsale Atlasbogen gespalten war.

D. Bei einem Normalmaterial von Atlantes (3,875 Stück) stellte ich Spaltung des Arcus dorsalis atl. in 2,89 ± 0,27 % fest.

E. Die ventrale Begrenzung des Foramen costotransversarium atl. ist bei Atlasassimilation in 49,1 ± 6,9 % und bei pathologischer Verwachsung in 8,9 ± 4,2 % gespalten (statistisch sichergestellter Unterschied). Die entsprechende Frequenz im Atlasmaterial ist 5,63 ± 0,37 %.

F. Bei genuiner Atlasassimilation bewirkt starke Ankylose gewöhnlich auch starke Reduktion des Wirbels. Schwache Ankylose führt meist zu unbedeutender Reduktion des Atlas.

G. Bei Atlasassimilation ist der Arcus dorsalis atl. in 28,2 ± 6,3 % symmetrisch reduziert. Die rechte Seite zeigt Tendenz zu stärkerer Reduktion als die linke. (Die Differenz gegen 50 % ist, wenn alle positiven Fälle bearbeitet werden, 13,2 ± 6,6, und wenn man nur die asymmetrischen Fälle mitrechnet, 23,0 ± 9,0.)

H. Bei stärkeren Graden von Atlasassimilation tritt Verengung des Canalis arteriæ vert. ein. Bei pathologischer Verwachsung war dies nicht zu konstatieren. Die Verengung ist in 36,2 ± 6,3 % symmetrisch. Die asymmetrischen Fälle zeigen kein sichergestelltes Überwiegen für eine der beiden Seiten.

I. Die ventrale Begrenzung des Foramen costotransversarium atl. ist bei genuiner Atlasassimilation wahrscheinlich auf der rechten Seite häufiger gespalten als auf der linken.

J. Ein sicherer Unterschied in der Grösse des Proc. costotransversarius atl. auf beiden Seiten konnte nicht konstatiert werden.

K. Die vereinigte Höhe des Condylus occipitalis und der Massa lateralis atlantis ist sowohl bei der genuinen Atlasassimilation als bei pathologischer Verwachsung auf der rechten Seite geringer als auf der linken. (Die Differenz gegen 50 % beträgt, wenn sämtliche positive Fälle bearbeitet werden, 20,4 ± 5,9 bzw. 23,7 ± 6,6.) Die Frequenz der symmetrischen Fälle ist vermutlich bei starker Ankylose höher als bei schwacher.

L. Der Spalt zwischen dem Arcus ventralis atl. und der Schädelbasis liegt bei Atlasassimilation in 14,3 ± 5,0 % und bei pathologischer Verwachsung in 55,0 ± 7,9 % symmetrisch. Bei genuiner Atlasassimilation liegt er gewöhnlich zu einem grösseren Teil auf der linken als auf der rechten Seite der Mittellinie. (Die Differenz gegen 50 % beträgt, wenn sämtliche positive Fälle bearbeitet werden, 21,4 ± 6,7, und wenn man nur die asymmetrischen Fälle berücksichtigt, 26,6 ± 7,7.) Bei den pathologischen Verwachsungen finden sich keine sichergestellten Asymmetrien.

M. Berücksichtigt man alle Zeichen von asymmetrischer Reduktion und Ankylosierung im oberen Nackengelenk, so ergibt sich Folgendes:

1. Die asymmetrischen Fälle sind gewöhnlicher als die symmetrischen.

2. Die Frequenz der symmetrischen Fälle ist möglicherweise bei starker und mässiger Ankylose grösser als bei schwacher.

3. Die Verwachsung ist in sämtlichen Materialgruppen auf der rechten Seite stärker als auf der linken. (Die Differenz gegen 50 % beträgt, wenn man sämtliche positive Fälle bearbeitet, bei genuiner Atlasassimilation 25,4 ± 4,0 und bei pathologischer Verwachsung 21,4 ± 6,7. Berücksichtigt man nur die asymmetrischen Fälle, so sind die entsprechenden Werte 30,7 ± 6,6 bzw. 28,6 ± 7,7.)

N. Keine Lateralverschiebung des Atlas konnte in 25,0 ± 5,8 % bei Atlasassimilation und in 47,7 ± 7,5 % bei pathologischer Verwachsung konstatiert werden. Die Verschiebung ist im gesamten Material möglicherweise häufiger nach der stärker ankylosierten Seite erfolgt. (Die Differenz gegen 50 % beträgt, wenn die asymmetrischen Fälle beider Materialgruppen gleichzeitig behandelt werden, 17,7 ± 6,2.)

O. Ventralverschiebung des Atlas kommt bei Atlasassimilation in 12,7 ± 4,2 % und bei pathologischer Verwachsung in 30,6 ± 6,6 % vor. Die Verschiebung ist vermutlich bei schwacher Atlasassimilation häufiger als bei starker. Bei pathologischer Verwachsung war kein solcher Zusammenhang bemerkbar.

P. Rotation des Atlas kommt häufiger bei schwacher und mässiger als bei starker Ankylose im oberen Nackengelenk vor. Die Verschiebung ist bei genuiner Atlasassimilation vermutlich im erstgenannten Falle stärker ausgesprochen.

Q. Die Rotation findet praktisch immer um den Kondylus der stärker ankylosierten Seite statt. Dies bedeutet, dass sie meist um den Kon-

dylus der rechten Seite erfolgt. (Die Differenz gegen 50 % beträgt, wenn sämtliche positive Fälle bearbeitet werden, bei genuiner Atlasassimilation 15,8 ± 6,0 und bei pathologischer Verwachsung 21,0 ± 6,3. Berücksichtigt man nur die asymmetrischen Fälle, so sind die entsprechenden Werte 27,6 ± 7,0 bzw. 38,2 ± 5,8.)

R. Die Frequenz der Atlasassimilation beträgt 0,11250 ± 0,00020 %, die der pathologischen Verwachsung 0,08750 ± 0,00016 %.

II. Aus diesen Untersuchungsergebnissen glaube ich folgende Schlüsse ziehen zu dürfen:

A. Es ist unwahrscheinlich, dass asymmetrische Entwicklungsstörungen die hauptsächliche Ursache der Unterschiede zwischen der rechten und linken Seite sind, die sich bei genuiner Atlasassimilation bei Erwachsenen finden.

B. Eine asymmetrische Belastung der Hinterhauptskondylen kann eine einheitliche Erklärung der gleichartigen Asymmetrien geben, die ich bei pathologischer Verwachsung im oberen Nackengelenk und bei genuiner Atlasassimilation gefunden habe.

C. In dem grösseren Teil der Fälle mit Ankylose im oberen Nackengelenk dürfte der rechte Hinterhauptskondylus stärker belastet gewesen sein als der linke. Bei einem kleineren Teil hat es sich wahrscheinlich umgekehrt verhalten. Das Verhältnis zwischen der Anzahl Fälle in diesen beiden Gruppen lässt sich nicht bestimmt angeben, ist aber vermutlich etwa 4: 1.

D. Es besteht gute Übereinstimmung zwischen den Schlüssen, die man aus den Asymmetrien bei Ankylose im oberen Nackengelenk ziehen kann, und den Unterschieden in der Lage der Hinterhauptskondylen auf der rechten und linken Seite, die ich in Kap. VI nachgewiesen habe. Diese beiden Feststellungen sprechen für die Richtigkeit der auf S. 298 entwickelten Theorie.

Kap. VIII.

Okzipitalmanifestation.

Fragestellungen. Literaturübersicht.

Unter Okzipitalmanifestation versteht man gewisse, gewöhnlich ossöse Bildungen am Kranium und eventuell am Atlas, welche als Hervortreten des letzten Okzipitalwirbels (des Froriepschen Wirbels) aufgefasst werden.

Oft wird behauptet, die Okzipitalmanifestation sei der Gegensatz der genuinen Atlasassimilation. Für diese Ansicht spricht teilweise die

ontogenetische Entwicklung (siehe unten). Als weitere Stütze für diese Auffassung haben manche Forscher angeführt, dass genuine Atlasassimilation und Okzipitalmanifestation nicht bei demselben Individuum vorkommen. Andere, z. B. Noack (1915), bestreiten diese Behauptung durchaus. Die Frage ist noch unbeantwortet, da kein Autor über ein genügend grosses Untersuchungsmaterial verfügt hat, um einen schlüssigen Beweis erbringen zu können. In meinem Material fand ich folgende Frequenz der Okzipitalmanifestation:

a. Unter 63 Fällen von genuiner Atlasassimilation 6,3 ± 3,1 %.
b. Unter 49 Fällen von pathologischer Verwachsung im oberen Nakkengelenk 59,2 ± 7,0 %.
c. Bei 1,337 normalen Schädeln Erwachsener 54,2 ± 1,2 %.

Die Differenz zwischen den Frequenzen in Gruppe a und b (52,9 + 7,7) sowie in a und c (47,9 ± 3,3) ist statistisch sichergestellt, nicht dagegen zwischen denen in b und c (5,0 ± 7,1). Es besteht also ein gewisser Zusammenhang zwischen der genuinen Atlasassimilation und der Okzipitalmanifestation.

Es erschien mir deshalb von Interesse, die Asymmetrien der letztgenannten in verschiedenen Lebensaltern zu untersuchen. Sollten sich nämlich Unterschiede zwischen der rechten und linken Seite bei Erwachsenen ergeben, welche denen entgegengesetzt sind, die ich bei genuiner Atlasassimilation und pathologischer Verwachsung im oberen Nackengelenk gefunden habe, so dürfte dies eine weitere indirekte Stütze für meine Theorie über die asymmetrische Belastung im oberen Nackengelenk sein. Ausserdem ist es von grösster Bedeutung, die Verteilung der Okzipitalmanifestationen auf die beiden Seiten bei Kindern und Erwachsenen festzustellen.

Für das Verständnis der Okzipitalmanifestation muss man die Ontogenie der Kraniovertebralregion etwas näher kennen. Ich habe in Kap. VII eine kurze Darstellung derselben gegeben (siehe S. 325), die hier etwas ergänzt werden soll. Da ich selbst keine embryologischen Untersuchungen vorgenommen habe, stütze ich mich auf die Darstellung folgender Autoren: Strecker (1887), Kalenscher (1893), Hagen (1900), Misch (1905), Kollmann (1905), Bolk (1906, 1921 und 1922), Ganfini (1906), Swjetschnikow (1906), Schumacher (1907), Levi (1908), Dwight (1909), Le Double (1912), Weigner (1912), Gladstone u. Erichsen-Powell (1914—15), Verhoef (1914), Noack (1915), Harrower (1923), Heidsieck (1925 u. 1931), Hayek (1926 u. 1927), Tavarès (1927), Kallius (1930), Bystrow (1931), Becker (1940).

Die hypochordale Spange des letzten Okzipitalwirbels wird gewöhnlich zurückgebildet, ausser in ihren am meisten dorsolateral gelegenen Partien, aus denen das ventrale Viertel der Hinterhauptskondylen hervorgeht. Bleibt ihr mittlerer Teil erhalten, so entsteht ein grösserer oder kleinerer Höcker in der Mittellinie etwas ventral vom Foramen

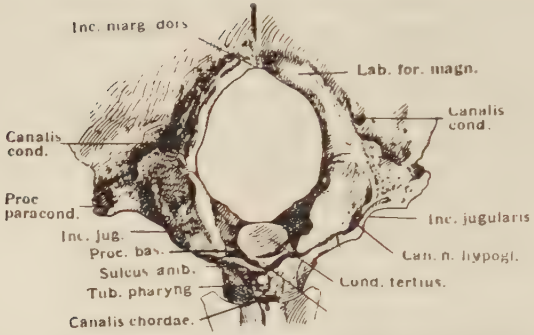


Abb. 16. Skizze der Schädelbasis bei stark ausgeprägter Okzipitalmanifestation. (Nach Kollmann, 1907.)

occipit. magnum, welcher Condylus tertius genannt wird (siehe Abb. 16). Dieser kann, wenn er stark entwickelt ist, in Gelenkverbindung mit dem Arcus ventralis atlantis stehen. Ähnliche Gebilde können teils durch Ossifikation des Lig. apicis dentis entstehen, teils dadurch, dass akzessorische Knochen in den Bändern des oberen und unteren Nackengelenks an der Schädelbasis fixiert werden.

Erfolgt eine unvollständige Reduktion der ventralen Teile der paarigen Anlage der hypochordalen Spange, so bilden sich Leisten auf der ventralen, extrakraniellen Fläche des ventralen Randes des Foramen occipit. magnum, sog. Processus basiales. Diese haben gewöhnlich Verdickungen an ihren ventralen Enden, die als Anlage eines dem Tuberculum ventrale entsprechenden Gebildes am Atlas betrachtet werden (siehe Abb. 17). Diese allgemein herrschende Auffassung wird von Bolk (1921) bestritten, welcher die Proc. basiales für die Reste der ventralen Enden der Kondylen hält. Die letzteren sollen nahe der Mittellinie angelegt werden. Durch Reduktion des ventralen Teiles und Apposition am dorsalen Teil soll der Hinterhauptskondylus sowohl während des intrauterinen als während des postfötalen Lebens dorsolateral verschoben werden. (Die letztgenannte Ansicht stimmt nicht mit meinen in Kap. VI beschriebenen Beobachtungen an Kinderschädeln überein.) Nach Bolk entstehen die Proc. basiales dadurch, dass die genannte Reduktion teilweise unterbleibt.

Während der frühen Fötusentwicklung teilen stets Seiten- oder Neuralfortsätze der okzipitalen Wirbelelemente den Nervus hypoglossus in drei Stämme. Dieser Zustand kann während des ganzen Lebens bestehen bleiben, gewöhnlich jedoch nur in Form einer Verdoppelung des inneren Teiles des Canalis n. hypoglossi.

Die Seitenfortsätze des Froriepschen Okzipitalwirbels sind während der Fötalentwicklung kräftig mit entsprechenden Gebilden am Atlas

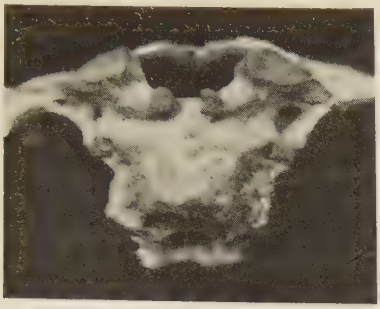


Abb. 17. Os occipitale mit mässig entwickelten Proc. basiales.

verbunden. Diese Verbindung kann einseitig oder doppelseitig bestehen bleiben und verknöchern. Dabei entsteht Ankylose zwischen dem Schädel und dem Atlas. Gewöhnlicher ist es, dass sich die Seitenfortsätze des Okzipitalwirbels kräftiger entwickeln als normaliter. Hierdurch entsteht ein Höcker auf der lateralen Seite des Hinterhauptskondylus, welcher gewöhnlich Proc. paracondylicus genannt wird (siehe Abb. 16). Entsteht ein entsprechendes Gebilde an den Seitenfortsätzen des Atlas, so bekommen diese einen kranial gerichteten Fortsatz, den sog. Proc. supratransversarius.

Der dorsale Bogen des Okzipitalwirbels kann eine Verdickung der lateralen Begrenzung des Foramen occipit. magnum hervorrufen, die sog. Labia foraminis magni (siehe Abb. 16). Zwischen den dorsalen Enden der letzteren entsteht ein Einschnitt im dorsalen Rande des Foramen occipit. magnum, den man als Incisura marginalis dorsalis bezeichnet. In ausgesprochenen Fällen bildet der dorsale Bogen eine freie Knochenspange, welche vom dorsalen Ende des Hinterhauptskondylus ausgeht und parallel mit dem lateralen Rande des Foramen occipit. magnum verläuft. Die bisher beschriebenen Formen von Okzipitalmanifestation sind im grossen und ganzen von allen Forschern, die sich mit diesen Fragen beschäftigt haben, in gleicher Weise aufgefasst worden.

Ziemlich oft findet man eine Knochenspange, welche vom dorsalen Rande der Fovea articularis cranialis atlantis zum dorsalen Bogen des Atlas medial vom Sulcus arteriae vertebralis geht. Ein entsprechendes Gebilde verläuft in einzelnen Fällen von der lateralen Begrenzung der genannten Gelenkfläche nach der Spitze des Proc. costotransv. atl. Das erstgenannte wird als Ponticulus posterior, das letztgenannte als Ponticulus lateralis bezeichnet. Die Ansichten über die Genese dieser Gebilde sind verschieden. Barge (1917 20) betrachtet sie als Produkte der dorsalen Hälfte des kranialen Teiles des ersten Zervikalsegments. (Die ventrale Hälfte baut den Körper des Okzipitalwirbels auf.) Er

ist der Ansicht, dass der Arcus dorsalis atlantis durch Verschmelzung zweier paralleler Bogenhälften auf jeder Seite entsteht. Die kraniale sei von dem genannten Segmentteil gebildet, die kaudale von dem Skleromer, welches im Aufbau des Atlas teilnimmt. Hayek (1926 und 1927) hat bei Föten einen Bindegewebsstrang beobachtet, der vom dorsalen Ende des Hinterhauptskondylus zur oberen Fläche des Arcus dorsalis atl. medial vom Sulcus arteriæ vertebralis zieht. Dieser Strang ist nach ihm ein Rest des Neuralfortsatzes des Okzipitalwirbels; der soll bisweilen verknöchern und den Ponticulus post. aufbauen. Der Ponticulus lat. sei bloss eine Abplattung des Proc. supratransversarius oder des Proc. paracondylicus. Ich vermag nicht zu entscheiden, welche dieser Auffassungen die richtige ist. Der Ponticulus post. und der Ponticulus lat. dürften unter allen Umständen als ein Produkt des letzten Okzipitalwirbels zu betrachten sein. (Ich übergehe ohne Diskussion die von Le Double (1912) ausgesprochene Ansicht, dass die genannten Gebilde durch Pulsationen der Arteria vertebralis hervorgebracht würden.)

Die Okzipitalmanifestation ist in sehr verschiedener Weise aufgefasst worden. Über die wichtigsten Ansichten will ich in grösster Kürze berichten. Kollmann (1905 u. 1907) sowie Swjetschnikow (1906) nehmen an, dass die Okzipitalmanifestation nur eine zufällige Variation ist. Nach Bolk (1906) ist sie dadurch hervorgerufen, dass die Kopf-Hals-Grenze zu weit kranialwärts liegt. Man hat den Gedanken geäussert, dass die Kopf-Hals-Grenze nicht fix sei, sondern die Neigung habe, in ihrer Lage zu variieren Chiarugi (1895), Bolk (1906), Swjetschnikow (1906), Dwight (1909), Tromantano-Gueritore (1927), Heidsieck (1931)]. Kallius (1930) betrachtet die Okzipitalmanifestation als Zeichen einer Hemmung der progressiven Differenzierung in der Kraniovertebralgrenze. Noack (1915) meint, dass es sich um eine fehlerhafte Assimilation des Okzipitalwirbels handelt. Schwerz (1908) endlich deutet die Erscheinung einfach als Ausdruck einer zu starken Ossifikation des Os occipitale.

Die Frequenz der verschiedenen Manifestationsformen wird in der Literatur sehr verschieden angegeben. Die Angaben müssen mit gewisser Vorsicht aufgenommen werden, weil Umfang und Beschaffenheit des Untersuchungsmaterials, die Art der Untersuchung usw. oft nicht mit genügender Genauigkeit angegeben sind. Der Canalis n. hypoglossi ist nach Weigner (1912) in 24 % ganz und in 13 % partiell in zwei Kanäle geteilt, d. h. insgesamt in 37 %. Wie oft der Condylus tertius auf Okzipitalmanifestation beruht, ist von Tavarès (1927) studiert worden. Er hat die Angaben in der Literatur zusammengestellt und ist zu dem Wert $0{,}97 \pm 0{,}22$ % gekommen. Der Proc. basialis soll in 4—14 % vorkommen [Kalenscher (1893), 600 Fälle, 14 %; Tavarès (1927), 549 Fälle, 5,1 %; Bystrow (1931), 570 Fälle, 9,0 %. Der Proc. paracondylicus soll nach Bystrow (1931), 1,570 Fälle, in

24,6 % auftreten. Die Frequenz des Ponticulus post. beträgt nach Barge (1917—20) 10,5 ± 0,53 %. Ungefähr entsprechende Werte geben Bolk (1906) und Le Double (1912) an. Der Ponticulus lat. ist bedeutend seltener, da er nur in ca. 2 % vorkommt [Le Double (1912) 1,8 %; Barge (1917—20) 2,3 ± 0,26 %]. Die Angaben über die Frequenz beziehen sich durchgehend auf Erwachsene. Über die Verhältnisse bei Kindern habe ich in der Literatur keine Angaben gefunden.

Für die Asymmetrien bei Okzipitalmanifestation hat man sich nur wenig interessiert. Soweit ich feststellen konnte, sind hierüber keine grösseren Untersuchungen vorgenommen worden. Misch (1905) behauptet indes, dass der Proc. basialis auf der linken Seite gewöhnlicher sei als auf der rechten, während es sich beim Proc. paracondylicus umgekehrt verhalte. Tavarès (1927) gibt an, dass Camerarius (1918 u. 1919) beim Studium einseitiger Proc. basiales den Fortsatz in 11 Fällen auf der linken und in 2 Fällen auf der rechten Seite gefunden habe. Tavarès selbst beobachtete bei 549 Schädeln rechtsseitigen Proc. basialis in 12 Fällen und linksseitigen in 5.

Eigene Untersuchungen.

Materialbeschreibung.

Zusammensetzung des Materials.

Die Asymmetrien der Okzipitalmanifestationen bei Kindern und Erwachsenen habe ich an folgendem Material studiert (Schädel und Wirbel mit Missbildungen oder krankhaften Veränderungen wurden nicht bearbeitet):

1. 73 Leichen neugeborener Kinder. Diese stammen von der Geburtsklinik der Universität Uppsala aus den Jahren 1938 -42. Offenbar unreife Föten und solche mit Missbildungen wurden nicht in das Material aufgenommen.

2. 1,613 Schädel holländischer Kinder, welche im 19. Jahrhundert in Amsterdam begraben wurden. Die Altersverteilung dieser Materialgruppe ergibt sich aus Tab. 42.

3. 1,337 Schädel und Schädelbasen von Individuen aus dem Mittelalter, welche schwedischen, wahrscheinlich einheitlichen Populationen angehörten.

4. 3,875 Atlaswirbel von Erwachsenen holländischen Individuen, welche im 19. Jahrhundert in Amsterdam begraben wurden.

5. 511 anscheinend normale Atlaswirbel von einem einheitlichen, aus dem Mittelalter stammenden, schwedischen Material erwachsener männlicher Individuen.

6. 73 Atlaswirbel neugeborener Kinder. Diese Wirbel gehören zu den Leichen der Gruppe 1.

7. 38 Leichen erwachsener Individuen, die in den letzten Jahren in schwedischen Irrenanstalten gestorben sind.

Insgesamt habe ich also Kranien von 3,061 und Atlaswirbel von 4,459 Individuen untersucht.

Die Materialgruppen Nr. 1, 3, 5 und 6 wurden im Anatomischen Institut zu Uppsala aufbewahrt, Nr. 2 und 4 im Anatomischen Institut zu Amsterdam.

Bearbeitung des Materials.

Sämtliche Kranien ausser denen der beiden Leichengruppen wurden in mazeriertem Zustand untersucht. Die Kinderleichen wurden in 40 %igem Alkohol aufbewahrt. Die Kalotte wurde abgenommen und der Schädel vorsichtig von der Wirbelsäule getrennt. Deckende Bänder, Muskeln und Bindegewebe wurden abpräpariert, worauf die Untersuchung wie bei den mazerierten Kranien stattfand.

Die Leichen der Erwachsenen gehörten zu dem Unterrichtsmaterial des Anatomischen Instituts in Uppsala. Sie wurden durch intravaskuläre Injektion von u. a. Alkohol und Formalin fixiert und in Karbolsäurelösung aufbewahrt. Ihre Untersuchung erfolgte im Zusammenhang mit den Übungssektionen im Institut.

Bei sämtlichen Schädeln bestimmte ich, ob eines oder einige der folgenden Gebilde vorlagen:

1. Teilung des Canalis n. hypoglossi (Canalis n. hypoglossi bipart.).
2. Condylus tertius.
3. Proc. basialis.
4. Labia foraminis magni.
5. Incisura marginalis dorsalis.
6. Proc. paracondylicus.

Wenn der Canalis n. hypoglossi geteilt war, habe ich notiert, ob dies vollständig oder unvollständig der Fall war. Um eine Vorstellung von den Asymmetrien der Okzipitalmanifestationen zu gewinnen, habe ich die Fälle mit Proc. basialis, Proc. paracondylicus und Canalis n. hypoglossi bipart. nach folgenden Gesichtspunkten in drei Gruppen eingeteilt:

1. Die Manifestation ist auf beiden Seiten gleich stark ausgesprochen.
2. Die Manifestation findet sich nur auf der rechten Seite und ist hier deutlich stärker ausgebildet als auf der linken.
3. Umgekehrter Sachverhalt wie in Nr. 2, aber Überwiegen auf der linken Seite.

Bei den Schädeln der Leichen habe ich untersucht, ob die verschiedenen Formen von Okzipitalmanifestation aus Knorpel oder Knochen bestanden. Dies geschah in der Weise, dass ich eine grössere Anzahl

dichter Schnitte durch die fraglichen Gebilde legte und die Schnittfläche unter der Lupe betrachtete. Diese Art der Untersuchung machte keine grösseren Schwierigkeiten.

Die Atlaswirbel von Erwachsenen wurden in mazeriertem Zustand untersucht, die von Neugeborenen wurden in grundsätzlich derselben Weise bearbeitet wie die zugehörigen Schädel. Bei jedem Fall untersuchte ich, ob der Ponticulus post. oder der Ponticulus lat. vorhanden war, sowie ob diese solchenfalls ganz oder teilweise verknöchert waren. Das Material wurde ebenso wie die Kranien mit Okzipitalmanifestation in drei Gruppen geteilt. Bei den nicht mazerierten Atlaswirbeln von Neugeborenen bestimmte ich in der oben angegebenen Weise, ob die Spangen aus Knorpel oder Knochen bestanden.

Ich habe keine Messungen vorgenommen, um die Asymmetrien der Okzipitalmanifestationen festzustellen. Einfache okulare Besichtigung war entscheidend. Nur Fälle mit ganz deutlichen Unterschieden zwischen beiden Seiten wurden als asymmetrisch betrachtet. Diese Untersuchungsmethode wählte ich, weil ich der Ansicht bin, dass eine Registrierung unbedeutender Asymmetrien der Okzipitalmanifestationen zu unsichere Resultate liefern würde.

Frühere Autoren haben gewöhnlich unvollständiger Teilung des Canalis n. hypoglossi bzw. unvollständigen Ponticulus post. und Ponticulus lat. bei mazerierten Schädeln und Atlaswirbeln keine Bedeutung zugeschrieben. Untersucht man indes diese Gebilde an frischen Präparaten, so zeigt sich, dass die Lücken, die sich in den genannten unvollständigen Knochenspangen finden, gewöhnlich von Knorpel ausgefüllt sind. Deshalb bin ich der Ansicht, dass nur ein Gradunterschied zwischen einer vollständigen und einer unvollständigen Teilung des Canalis n. hypoglossi besteht. Entsprechendes dürfte für den Ponticulus post. und den Ponticulus lat. gelten. Bei Feststellung von Asymmetrien habe ich deshalb einem Unterschied zwischen der rechten und linken Seite bei einer unvollständigen und einer vollständigen Manifestation gleich grosses Gewicht beigelegt. Dies bedeutet, dass ich den Grad der Verknöcherung als Wertmesser für die Entwicklung der betreffenden Gebilde benutzte. Dies ist indes nichts speziell für meine Art, die Asymmetrien zu beurteilen, Charakteristisches, sondern gilt auch für die von früheren Autoren angewandte Methode. Ich meine also, dass kein grundsätzlicher Unterschied zwischen diesen beiden Verfahrensarten besteht. Der Grad der Verknöcherung dürfte ein ziemlich zuverlässiger Wertmesser für den Entwicklungsgrad der hier beschriebenen Gebilde sein.

Es bereitet natürlich niemals Schwierigkeiten zu entscheiden, ob der Canalis n. hypoglossi geteilt ist oder nicht. Der Proc. basialis und seine Asymmetrien lassen sich gewöhnlich leicht feststellen. Vereinzelt findet man eine gleichmässige, schwache, wulstförmige Verdickung des ventralen Randes des Foramen occipit. magnum. Gewisse Autoren

nehmen an, dass diese möglicherweise ein Rest der hypochordalen Spange des letzten Okzipitalwirbels ist. Da aber andere dies bestreiten, habe ich diese Fälle bei meiner Bearbeitung nicht mitgerechnet. In der folgenden Darstellung unterscheide ich nicht zwischen Condylus tertius und Proc. basialis, weil sie dieselbe Genese haben dürften. Den Condylus tertius bezeichne ich als einen symmetrischen Proc. basialis. Das Gebiet lateral von den Hinterhauptskondylen ist immer uneben. Deshalb besteht ein diffuser Übergang zwischen dieser »physiologischen» Unebenheit und dem Proc. paracondylicus. Ich konnte kein bestimmtes Kriterium für den Proc. paracondylicus finden, weshalb die Beurteilung in gewissem Grade willkürlich ist. Nur wenn ein deutlicher Unterschied zwischen beiden Seiten vorlag, wurden die Fälle als asymmetrisch bezeichnet.

Da diese Arbeit hauptsächlich die Asymmetrien der Okzipitalmanifestationen behandelt, übergehe ich hier die Labia foraminis magni und die Incisura marginalis dorsalis. Diese Gebilde zeigen nämlich keine nennenswerten Verschiedenheiten auf beiden Seiten.

Bei der primären Bearbeitung des Schädelmaterials Erwachsener wurde dieses nach Geschlechtern eingeteilt. Indes war kein Unterschied zwischen den Okzipitalmanifestationen in beiden Gruppen zu konstatieren, weshalb ich in dieser Arbeit keine Rücksicht auf die Geschlechtsverteilung nehme.

Die Mängel des Materials und der Untersuchungsmethoden.

Der Umfang der Materialgruppen dürfte ausreichend sein ausser in bezug auf die Anzahl Leichen von Kindern und Erwachsenen. Aus praktischen Gründen konnte ich indes diesem Mangel nicht abhelfen.

Das Material ist seinem Ursprung nach uneinheitlich. Die Rassen- und Zeitunterschiede dürften jedoch nicht von grösserer Bedeutung sein, da relativ gute Übereinstimmung zwischen den verschiedenen Gruppen vorlag.

Wie oben (S. 357) erwähnt, habe ich nach reiflichem Überlegen eine gewisse Form von Verdickung des ventralen Randes des Foramen occipit. magnum nicht als Okzipitalmanifestation aufgefasst. Dieses Gebilde ist viel weniger häufig als der Proc. basialis, weshalb der eventuell begangene Fehler keine nennenswerte Rolle spielen dürfte.

Es ist sehr schwierig, zwischen verschiedenen Formen des Condylus tertius zu unterscheiden. Ich habe versucht, diejenigen soweit wie möglich abzutrennen, welche Reste des ventralen Bogens des letzten Okzipitalwirbels sind. Dabei können natürlich Fehlbeurteilungen vorgekommen sein. Die Frequenz des Condylus tertius beträgt indes bloss ca. 1/25 von der des Proc. basialis, weshalb die eventuellen Fehler keinen Einfluss auf die Untersuchungsergebnisse gehabt haben dürften.

Ich habe oben (S. 358) darauf hingewiesen, dass die Grenze zwischen

den physiologischen Unebenheiten auf der Lateralseite des Condylus occipitalis und einem schwach ausgesprochenen Proc. paracondylicus fliessend ist. Die Werte, die ich für die Frequenz des letzgenannten angebe, müssen deshalb als unsicher betrachtet werden. Bei der Besprechung der Untersuchungsresultate habe ich aus diesem Grunde keine Schlussfolgerungen lediglich auf Befunde hinsichtlich des Proc. paracondylicus gestützt, sondern dieselben nur dann berücksichtigt, wenn sie die gleichen Verhältnisse zeigten wie die übrigen Formen von Okzipitalmanifestation.

Die Bestimmung des Gewebes (Knorpel oder Knochen), welches die verschiedenen Manifestationen an den Schädeln und Atlaswirbeln des Leichenmaterials aufgebaut hat, ist grob. Die Fehler, die ich bei meinem Verfahren begangen habe, dürften zur Folge gehabt haben, dass ich eventuell in einzelnen Fällen eine kleinere Verknöcherung übersehen habe. Dieser Irrtum kann jedoch nicht gross sein, da der für die Frequenz der ossösen Manifestationen gefundene Wert bei Neugeborenen nur ganz unbedeutend niedriger ist als bei dem Kindermaterial im Alter »1 1/12-4 Jahre alt».

Ich habe keine Rücksicht auf die Schrumpfung genommen, die bei Fixierung des Leichenmaterials bzw. der Mazeration der Schädel und der Atlaswirbel stattgefunden hat, weil dieselbe keinen nennenswerten Einfluss auf meine Untersuchungen gehabt haben dürfte.

Untersuchungsresultat.

Die Frequenz der Okzipitalmanifestationen.

Die Frequenz der einzelnen Manifestationsformen in verschiedenen Altersklassen ist aus Tab. 42 ersichtlich. Aus dieser geht hervor, dass sämtliche Okzipitalmanifestationen steigende Frequenz mit zunehmendem Alter zeigen. (Die Unterschiede sind überall statistisch sichergestellt.) Der Canalis n. hypoglossi bipart. und der Proc. basialis weisen eine gleichartige stetige Zunahme von der Geburt bis zur Gruppe »10 1/12—16 Jahre alt» inkl. auf. Danach hat der Canalis n. hypoglossi bipart. konstante Frequenz, während die Frequenz des Proc. basialis weiter zunimmt. Der Proc. paracondylicus kommt bis zur Gruppe »10 1/12—16 Jahre alt» inkl. ungefähr gleich oft vor, um dann eine bedeutende Frequenzzunahme bei Erwachsenen zu zeigen. Wie oben bemerkt, macht es gewisse Schwierigkeiten, die Grenze zwischen der physiologischen Unebenheit auf der Lateralseite des Condylus occipitalis und einem schwach entwickelten Proc. paracondylicus zu ziehen. Die in Tab. 42 angegebenen Werte für diese Manifestationsform müssen deshalb mit einer gewissen Vorsicht aufgenommen werden.

Die für Erwachsene gefundenen Werte stimmen gut mit den Mitteilungen früherer Autoren überein. Hiervon macht der Proc. basialis

Tabelle 42. *Die Frequenz der Okzipitalmanifestationen.*

Jahre alt	Anz. unters. Fälle	Occ.-man. in Proz.	Can. n. hyp. bipart. in Proz.	Proc. bas. in Proz.	Proc. paracond. in Proz.
Neugeborene ..	73	9,6 ± 3,5 (45,2 ± 5,8)	9,6 ± 3,5 (38,4 ± 5,9)	2,7 ± 1,9 (20,5 ± 4,7)	1,4 ± 1,3 (1,4 ± 1,3)
1 1/12— 4 ...	343	11,1 ± 1,7	10,8 ± 1,7	2,6 ± 0,9	0,3 ± 0,3
4 1/12— 7 ...	592	17,2 ± 1,6	16,4 ± 1,5	7,8 ± 1,1	0,8 ± 0,4
7 1/12—10 ...	428	26,2 ± 2,1	26,2 ± 2,1	10,8 ± 1,5	1,4 ± 0,6
10 1/12—16 ...	250	46,4 ± 3,2	44,4 ± 3,1	18,0 ± 2,4	4,8 ± 1,4
Erwachsene ...	1 337	54,2 ± 1,2	42,0 ± 1,4	26,2 ± 1,2	22,9 ± 1,2

eine Ausnahme, da ich die Frequenz 26,2 % erhielt, während in der Literatur nicht mehr als 14 % angegeben werden. Dieser Unterschied dürfte darauf beruhen, dass die bisherigen Forscher nur stark entwickelten Proc. basialis notiert haben.

Tab. 42 enthält eine Spalte »Occ. man. in Proz.». Die Werte bezeichnen die relative Anzahl Individuen, die eine Form von Okzipitalmanifestation am Schädel aufweisen. Wie man sieht, sind diese Werte bloss unbedeutend höher als die Frequenz des Canalis n. hypoglossi bipart. Dies bedeutet, dass die verschiedenen Formen von Okzipitalmanifestation gewöhnlich kombiniert sind, was die Auffassung stützt, dass sie alle Teile derselben Erscheinung, nämlich des Hervortretens des Froriepschen Okzipitalwirbels sind. (Ich verzichte hier auf eine eingehendere Beschreibung dieser Korrelationen, weil sie in diesem Zusammenhang ohne Bedeutung sein dürften.)

Die bisher beschriebenen Frequenzen beziehen sich bloss auf die ossösen Okzipitalmanifestationen. Für die Gruppe »Neugeborene» habe ich auch die Gesamtfrequenz der ossösen und der kartilaginösen Okzipitalmanifestationen angegeben (Ziffern in Parenthese). Diese Werte für den Canalis n. hypoglossi bipart. und den Proc. basialis unterscheiden sich nicht sicher von denen für die ossösen Manifestationen bei Erwachsenen. Bei Leichen Erwachsener fand ich Okzipitalmanifestation (bestehend aus Knochen oder Knorpel) in 60,5 ± 8,3 %. Diese Feststellungen dürften sich so deuten lassen, dass die Okzipitalmanifestationen zum grössten Teil bei der Geburt angelegt sind, gewöhnlich in Form kartilaginöser Gebilde. Mit zunehmendem Alter findet eine sukzessive Verknöcherung des Knorpels statt.

Um diese interessanten Verhältnisse näher kennenzulernen, habe ich die Frequenz der vollständigen und der unvollständigen ossösen Teilung des Canalis n. hypoglossi in verschiedenen Lebensaltern untersucht (siehe Tab. 43). Aus dieser Tabelle ergibt sich Folgendes: »Vollständige Manifestation» zeigt steigende Frequenz von der Geburt bis zur Gruppe

Tabelle 43. *Canalis nervi hypoglossi bipart. Die Frequenz vollständiger und unvollständiger ossöser Aufteilung des Kanals.*

Jahre alt	Vollst. Manifest.	Unvollst. Manifest.
Neugeborene	2,7 ± 1,9	6,8 ± 2,9
	(28,8 ± 5,3)	(9,6 ± 3,4)
1 1/12 — 4	5,8 ± 1,3	5,0 ± 1,2
4 1/12— 7	12,3 ± 1,4	4,1 ± 0,8
7 1/12—10	22,0 ± 2,0	4,2 ± 1,0
10 1 12—16	39,2 ± 3,1	5,2 ± 1,4
Erwachsene	36,6 ± 1,3	5,4 ± 0,6

»10 1 12 -16 Jahre alt» inkl., während »unvollständige Manifestation» in allen Altersklassen ungefähr gleich häufig ist. Das Verhältnis zwischen diesen beiden Formen muss deshalb mit zunehmendem Alter sukzessiv steigen. Vereinigt man die ossösen und die kartilaginösen Manifestationsformen bei Neugeborenen (Ziffern in Parenthese), so zeigen sie im wesentlichen dieselben Verhältnisse wie die ossösen bei Erwachsenen. Diese Feststellungen scheinen mir die Auffassung zu stützen, dass die Okzipitalmanifestationen bei der Geburt kartilaginös angelegt sind und dann allmählich verknöchern.

An den Atlaswirbeln glaubte ich entsprechende Untersuchungen nicht ausführen zu können, und zwar aus folgenden Gründen:

1. Ich verfüge nur über Wirbel von Neugeborenen und Erwachsenen.

2. Bei Neugeborenen ist es ausserordentlich schwierig zu entscheiden, ob ein unvollständiger, knorpliger Ponticulus post. existiert oder nicht, weil die Massa lateralis oft weit dorsal vorspringt und teilweise den Sulcus arteriæ vertebralis überbrückt.

Die Frequenz von vollständigem Ponticulus post. bei Neugeborenen beträgt in meinem Material 8,2 ± 3,2 %. Die Brücken bestehen in sämtlichen Fällen aus Knorpel. Ein Ponticulus lat. wurde in diesem Material nicht angetroffen. Die Häufigkeit dieser Gebilde bei Erwachsenen ergibt sich aus Tab. 46.

Das Auftreten der Okzipitalmanifestationen auf der rechten und linken Seite.

Da die verschiedenen Manifestationsformen steigende Frequenz mit zunehmendem Alter zeigen, sollte man rein theoretisch eine relativ grössere Anzahl symmetrischer Fälle bei älteren als bei jüngeren Individuen erwarten. Wie aus Tab. 44 hervorgeht, ist dies indes nicht der Fall. Der Canalis n. hypoglossi bipart. und die Gesamtzahl der Okzipitalmanifestationen zeigen, mit Ausnahme der Gruppe »Neugeborene», eine statistisch sichergestellte Abnahme der relativen Anzahl sym-

Tabelle 44. *Die Verteilung der Okzipitalman*

n = Anzahl positiver Fälle. *R = L = Symmetrische Fälle in Pro*
R = Rechtsseitige Fälle in Proz. *L = Linksseitige Fälle in Proz.*

Jahre alt	Can. n. hyp. bipart.				Proc. bas.			
	n.	R = L	L.	R.	n.	R = L	L.	R.
Neugeborene	7 (21)	71,4 (81,0)	14,3 (9,5)	14,3 (9,5)	2 (15)	100 (80,0)	— (13,3)	— (6,7)
1 1/12— 4	37	78,4 ± 6,9	8,1	13,5	9	77,8	22,2	—
4 1/12— 7	97	48,5 ± 5,1	45,4	6,2	36	52,8 ± 8,4	44,4	2,8
7 1/12—10	112	17,0 ± 3,5	68,7	14,3	46	30,4 ± 7,1	60,9	8,7
10 1/12—16	111	10,8 ± 2,9	76,6	12,6	45	31,1 ± 7,0	66,7	2,2
Erwachsene	541	20,5 ± 1,7	59,7	19,8	350	40,0 ± 2,6	48,9	11,1

metrischer Fälle bis zur Gruppe »7 1 12—10 Jahre alt» inkl. Für den Proc. basialis besteht ein sichergestellter Unterschied zwischen den Gruppen »1 1/12—7 Jahre alt» und »7 1/12—16 Jahre alt» (Differenz 27,0 ± 8,9). Der Proc. paracondylicus weist keine sicheren Unterschiede auf. Diese Tatsachen treten auch hervor, wenn man das Verhältnis zwischen der empirisch gefundenen und der theoretisch berechneten Anzahl symmetrischer Fälle feststellt (siehe Tab. 44). Dieses Verhältnis zeigt mit zunehmendem Alter ständig sinkende Werte von 7,1 bei Neugeborenen auf 0,9 bei Erwachsenen. Die zusammengerechneten ossösen und kartilaginösen Okzipitalmanifestationen bei Neugeborenen (Ziffern in Parenthese), welche ungefähr dieselbe Frequenz haben wie die ossösen Manifestationen bei Erwachsenen, weisen einen viel höheren Wert für die relative Anzahl symmetrischer Fälle auf als die ossösen Manifestationen bei Erwachsenen (siehe Tab. 44). Diese Feststellungen bedeuten, dass die symmetrischen Fälle mit zunehmendem Alter relativ seltener werden, während gleichzeitig die Frequenz der asymmetrischen Fälle steigt. Die letzteren verteilen sich bei Neugeborenen und in der Gruppe »1 1/12—4 Jahre alt» ungefähr gleich auf beide Seiten. In den übrigen Gruppen findet sich ein Überwiegen auf der linken Seite. Berechnet man die Differenzen zwischen den linksseitigen Fällen und 50 % auf Grund sämtlicher positiver Fälle (siehe Kap. II), so erhält man die aus Tab. 45 ersichtlichen Werte. Für sämtliche Okzipitalmanifestationen und für den Canalis n. hypoglossi bipart. finden sich sichergestellte Differenzen von der Gruppe »4 1/12—7 Jahre alt» inkl. an. Für den Proc. basialis

festationen auf der rechten und linken Seite.

* = *Das Verhältnis zwischen der Anzahl empirisch gefundener und theoretisch berechneter symmetrischer Fälle.*

	Proc. paracond.			Σ Occ. man.				
n.	R = L	L.	R.	n.	R = L	L.	R.	*
1 (1)	—	—	100 (100)	10 (37)	70,0 (78,4)	10,0 (10,8)	10,0 (10,8)	7,1
1	100	—	—	47	78,7 ± 6,0	10,6	10,6	7,3
5	60,0	40,0	—	138	50,0 ± 4,3	44,9	5,1	4,1
6	16,7	83,3	—	164	20,7 ± 3,2	67,1	12,2	1,9
12	58,3	33,3	8,3	168	19,6 ± 3,1	70,8	9,5	1,1
316	26,6 ± 2,5	62,0	11,4	1 207	27,8 ± 1,3	57,2	15,1	0,9

gilt das Gleiche von der Gruppe »7 1 12 –10 Jahre alt» inkl. an, während für den Proc. paracondylicus ein sichergestellter Unterschied bloss bei Erwachsenen vorliegt.

Es besteht gute Übereinstimmung zwischen dem Auftreten der verschiedenen Manifestationsformen auf der rechten und linken Seite. Symmetrische Okzipitalmanifestationen von einer Art sind oft mit asymmetrischen von anderer Art kombiniert. Eine rechtsseitige Manifestation ist dagegen sehr selten mit einer linksseitigen verbunden. Als Beispiel sei angeführt, dass unter 71 Erwachsenen, bei denen der Canalis n. hypoglossi bipart. mit einer anderen Form von Okzipitalmanifestation kombiniert ist, folgende Verteilung vorliegt:

1. Rechtsseitiger Canalis n. hypoglossi bipart. ist kombiniert mit rechtsseitiger Manifestation in 60 %, mit symmetrischer in 40 % und mit linksseitiger in 0 %.
2. Symmetrischer Canalis n. hypoglossi bipart. ist kombiniert mit rechtsseitiger Manifestation in 0 %, mit symmetrischer in 74 % und mit linksseitiger in 26 %.
3. Linksseitiger Canalis n. hypoglossi bipart. ist kombiniert mit rechtsseitiger Manifestation in 2 %, mit symmetrischer in 14 % und mit linksseitiger in 83 %.

Um die Verteilung der Okzipitalmanifestationen auf die beiden Seiten zu veranschaulichen, habe ich in Abb. 18 die relative Frequenz der symmetrischen und asymmetrischen Fälle in verschiedenen Alters-

Tabelle 45. *Die Differenzen in Tabelle 44 zwischen der relativen Anzahl linksseitiger Fälle und den 50 Proz. nach der in Kap. II angegebenen Berechnungsmethode.*

Jahre alt	Can. n. hyp. bip.	Proc. bas.	Proc. paracond.	Σ Occ. man.
Neugeborene	—	—	—	2,9 ± 12,1
	(0 ± 8,1)	(1,9 ± 9,6)	(—)	(0 ± 6,2)
1 1/12— 4	1,5 ± 6,2	6,3 ± 12,5	—	0 ± 5,5
4 1/12— 7	13,2 ± 4,2	13,6 ± 6,7	—	13,3 ± 3,5
7 1/12—10	23,3 ± 4,4	20,0 ± 6,5	—	22,7 ± 3,5
10 1/12—16	28,9 ± 4,5	24,6 ± 6,5	7,9 ± 11,5	25,6 ± 3,5
Erwachsene	16,6 ± 1,9	13,5 ± 2,3	20,0 ± 2,5	16,5 ± 1,3

klassen graphisch dargestellt. Die Werte gelten für die Summe sämtlicher Manifestationsformen. Aus der Abbildung geht hervor:

1. Die symmetrischen Fälle zeigen hohe Werte (70–80 %) bei den beiden jüngsten Altersklassen. Hierauf sinken sie rasch und haben

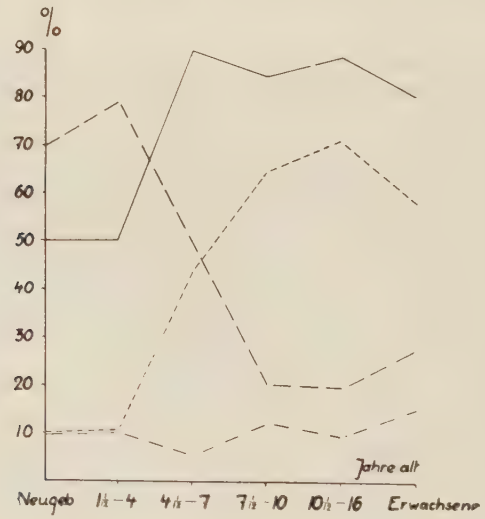


Abb. 18. Relative Anzahl Fälle mit symmetrischen und asymmetrischen Okzipitalmanifestationen.
S = symmetrische Fälle. (Lang gestrichelte Linie.)
L = linksseitige Fälle. (Kurz gestrichelte Linie.)
R = rechtsseitige Fälle. (Punktiert-gestrichelte Linie.)
$\frac{L}{R+L}$ = Relative Anzahl linksseitiger Fälle in Proz. der asymmetrischen Fälle. (Ausgezogene Linie.)

schon in der Gruppe »7 I 12 10 Jahre alt» die Werte der Erwachsenen (20—30 %) erreicht.

2. Die asymmetrischen Fälle auf der rechten und linken Seite sind bei Neugeborenen und in der Gruppe »1 I 12 4 Jahre alt» ungefähr gleich häufig (ca. 10 %).

3. Die rechtsseitigen Fälle machen während des ganzen Lebens 5—15 % der positiven aus.

4. Die relative Frequenz der linksseitigen Formen steigt etwa nach dem 4. Lebensjahr und liegt von der Gruppe »7 I 12 10 Jahre alt» inkl. an zwischen 60 und 70 %.

5. Berücksichtigt man nur die asymmetrischen Fälle, so betragen die linksseitigen bis etwa zum Alter von 4 Jahren ca. 50 %. Danach nehmen sie auf 80—90 % zu. (Es ist zu bemerken, dass diese Werte infolge der Mängel der Berechnungsmethoden etwas unsicher sind.)

Diese Feststellungen scheinen mir Folgendes zu zeigen:

1. Bei Neugeborenen und jüngeren Kindern (bis etwa zum 4. Lebensjahr) sind die symmetrischen Okzipitalmanifestationen gewöhnlich, und die asymmetrischen Fälle verteilen sich ungefähr gleich auf beide Seiten.

2. Etwa nach dem 4. Lebensjahr werden die symmetrischen Fälle immer seltener, und die asymmetrischen treten meist auf der linken Seite auf.

Für die Richtigkeit dieser Auffassung sprechen in gewissem Grade auch die Okzipitalmanifestationen am Atlas. Der Ponticulus post. zeigt nämlich bei Neugeborenen keinen sicheren Unterschied zwischen beiden Seiten. Bei Erwachsenen dagegen besteht Überwiegen auf der linken Seite sowohl für die vollständigen als für die unvollständigen Fälle. Eine Tendenz zu gleichartiger Verteilung zeigt möglicherweise der Ponticulus lat., doch sind die Unterschiede zwischen beiden Seiten nicht sichergestellt (siehe Tab. 46).

Ich habe schon auf S. 317 darauf hingewiesen, dass bei Erwachsenen eine starke Korrelation zwischen den asymmetrischen Okzipitalmanifestationen und der Lage der Hinterhauptskondylen besteht. In den Fällen, wo die Lage der Kondylen auf einen höheren Druck auf der rechten Seite zu deuten schien, fand sich Okzipitalmanifestation fast ausschliesslich auf der linken Seite und umgekehrt. Schon dies deutet an, dass die Asymmetrien der Okzipitalmanifestationen wahrscheinlich mit Druckverhältnissen im oberen Nackengelenk zusammenhängen.

Die relativen Frequenzen der symmetrischen und asymmetrischen Fälle bei Bestimmung der Lage der Hinterhauptskondylen und bei Okzipitalmanifestation zeigen auffallend gute Übereinstimmung sowohl bei Kindern als bei Erwachsenen. Dies ergibt sich aus einem Vergleich der Abbildungen 12 und 18.

Diese Feststellungen sprechen für eine gemeinsame Ätiologie der Entstehung und Entwicklung der Asymmetrien der Okzipitalmani-

Tabelle 46. *Ponticulus posterior und Ponticulus lateralis.*
n = Anzahl positiver Fälle *R = L = Symmetrische Fälle in Proz.*
R = Rechtsseitige Fälle in Proz. *L = Linksseitige Fälle in Proz.*
Diff. = Die Differenzen zwischen der relativen Anzahl linksseitiger Fälle und den 50 Proz. nach der in Kap. II angegebenen Berechnungsmethode.
** = Das Verhältnis zwischen der Anzahl empirisch gefundener und theoretisch berechneter symmetrischer Fälle.*

		Frequenz in Proz.	n.	R=L	R.	L.	Diff.	*
Ponticulus post.	Vollst. Man.	12,04±0,49	528	19,5	27,1	53,4	11,0±2,0	4,8
	Unvollst. Man.	15,46±0,55	678	29,1	16,7	54,3	14,6±1,7	4,9
	Vollst.+Unvollst. Man.	27,50±0,68	1 206	24,9	21,2	53,9	13,1±1,3	2,5
Ponticulus lat.	Vollst. Man.	1,38±0,17	60	10,0	35,0	55,0	9,1±6,2	25,0
	Unvollst. Man.	1,21±0,17	53	17,0	39,6	43,4	1,6±6,3	40,9
	Vollst.+Unvollst. Man.	2,58±0,23	113	13,3	37,2	49,6	5,5±4,4	16,3

festationen und der Unterschiede in der Lage des rechten und linken Hinterhauptskondylus.

Nach dem, was ich oben über den Zusammenhang zwischen Okzipitalmanifestationen und genuinen Atlasassimilationen gesagt habe, ist es sehr bemerkenswert, dass die Okzipitalmanifestationen meist auf der linken Seite auftreten, während die Atlasassimilationen gewöhnlich auf der rechten ausgesprochener sind. Dies dürfte als ein Zeichen dafür aufgefasst werden können, dass die asymmetrischen Verhältnisse dieser Erscheinungen eine gemeinsame Ätiologie haben.

Ich habe früher dargelegt, dass die Asymmetrien der genuinen Atlasassimilationen wie auch die der Hinterhauptskondylen wahrscheinlich auf verschiedener Belastung des rechten und linken Teils des oberen Nackengelenks beruhen. Nach den Ergebnissen dieses Kapitels dürfte ich deshalb zu dem Schluss berechtigt sein, dass auch die Asymmetrien der Okzipitalmanifestation wahrscheinlich durch dieselben Verhältnisse bedingt sind.

Die Okzipitalmanifestationen sind ausgesprochen symmetrisch bei kleinen Kindern. Mit zunehmendem Alter treten sukzessiv Asymmetrien auf, welche gut mit denen der genuinen Atlasassimilationen übereinstimmen. Damit glaube ich einen indirekten Beweis für meine Annahme auf S. 345 erbracht zu haben, dass auch die Atlasassimilation symmetrische Verhältnisse bei kleinen Kindern aufweist, und dass die Unterschiede zwischen beiden Seiten bei Erwachsenen wahrscheinlich nicht auf erblichen Faktoren beruhen, sondern auf statischen Verhältnissen in der Kopf-Hals-Grenze.

Zusammenfassung.

I. Die Ergebnisse dieses Kapitels sind folgende:

A. Die Frequenz der Okzipitalmanifestation beträgt bei genuiner Atlasassimilation 6,3 ± 3,1 %, bei pathologischer Verwachsung im oberen Nackengelenk 59,2 ± 7,0 % und bei meinem Normalmaterial von Schädeln erwachsener Individuen 54,2 ± 1,2 %. Der Unterschied zwischen dem ersten Wert und den beiden anderen ist statistisch sichergestellt.

B. Alle Formen ossöser Okzipitalmanifestation zeigen steigende Frequenz mit zunehmendem Alter. Diese Zunahme ist für den Canalis n. hypoglossi bipart. mit der Gruppe »10 1 12—16 Jahre alt» abgeschlossen, für den Proc. basialis und den Proc. paracondylicus erst bei Erwachsenen.

C. Die verschiedenen Formen von Okzipitalmanifestation kommen gewöhnlich gleichzeitig vor.

D. Die Gesamtzahl der ossösen und kartilaginösen Okzipitalmanifestationen bei Neugeborenen ist ungefähr ebenso gross wie bei Erwachsenen; die kartilaginösen bilden indes den Hauptteil der ersten Gruppe, dagegen nur einen geringen Teil der zweiten.

E. Die »vollständige» ossöse Teilung des Canalis n. hypoglossi zeigt sukzessiv steigende Frequenz mit zunehmendem Alter. Dagegen weist die entsprechende »unvollständige» Teilung in allen Altersklassen konstante Frequenz auf. Berücksichtigt man sowohl ossöse als knorplige Okzipitalmanifestationen, so ist das Verhältnis zwischen »vollständiger» und »unvollständiger» Teilung bei Neugeborenen und Erwachsenen ungefähr dasselbe.

F. Die Frequenz von »vollständigem» kartilaginösem und ossösem Ponticulus posterior bei Neugeborenen beträgt 8,2 ± 3,2 %. Die entsprechenden Werte für Erwachsene sind aus Tab. 46 ersichtlich.

G. Die relative Anzahl symmetrischer Fälle von Okzipitalmanifestation am Kranium sinkt mit zunehmendem Alter, obgleich die Frequenz der Okzipitalmanifestationen gleichzeitig steigt.

H. Das Verhältnis zwischen der empirisch gefundenen und der theoretisch berechneten Anzahl symmetrischer Fälle nimmt mit zunehmendem Alter von 7,1 bei Neugeborenen auf 0,9 bei Erwachsenen ab.

I. Die zusammengerechneten ossösen und kartilaginösen Okzipitalmanifestationen bei Neugeborenen, welche ungefähr dieselbe Frequenz haben wie die ossösen bei Erwachsenen, weisen einen bedeutend höheren Wert für die relative Anzahl symmetrischer Fälle auf als die ossösen Manifestationen bei Erwachsenen.

J. Die symmetrischen Fälle von Okzipitalmanifestation werden mit zunehmendem Alter relativ seltener.

K. Die asymmetrischen Fälle von Okzipitalmanifestation verteilen sich bei Neugeborenen und in der Gruppe »1 1 12 -4 Jahre alt» ungefähr gleich auf beide Seiten. In allen übrigen Gruppen überwiegt die linke Seite.

L. Es besteht gute Übereinstimmung im Auftreten der verschiedenen Manifestationsformen auf der rechten und linken Seite.

M. Berücksichtigt man bloss die asymmetrischen Fälle, so machen die linksseitigen von der Geburt bis etwa zum 4. Lebensjahr ca. 50 % aus. Danach steigt der Wert rasch und liegt von der Gruppe »4 1 12—7 Jahre alt» inkl. an zwischen 80 und 90 %.

N. Der Ponticulus posterior weist bei Neugeborenen meist symmetrische Fälle auf. Ein sicherer Unterschied zwischen beiden Seiten besteht nicht. Bei den Erwachsenen findet sich ein sichergestelltes Überwiegen auf der linken Seite sowohl für die »vollständigen» als für die »unvollständigen» Formen.

O. Die relative Frequenz der symmetrischen und asymmetrischen Fälle bei Bestimmung der Lage der Hinterhauptskondylen und bei Okzipitalmanifestation zeigt auffallend gute Übereinstimmung sowohl bei Kindern als bei Erwachsenen.

P. Die Asymmetrien bei Okzipitalmanifestation und genuiner Atlasassimilation sind bei Erwachsenen einander gerade entgegengesetzt.

II. Aus den Untersuchungsresultaten glaube ich folgende Schlüsse ziehen zu dürfen:

A. Es besteht ein Zusammenhang zwischen den Okzipitalmanifestationen und den genuinen Atlasassimilationen.

B. Die verschiedenen Formen von Okzipitalmanifestation sind wahrscheinlich Teile derselben Erscheinung, nämlich des Hervortretens von den an der Bildung des Os occipitale teilnehmenden Wirbelelementen.

C. Die Okzipitalmanifestationen sind wahrscheinlich schon bei der Geburt angelegt, gewöhnlich in Form kartilaginöser Bildungen.

D. Die Entstehung und Entwicklung der Asymmetrien der Okzipitalmanifestationen und die Lageunterschiede des rechten und linken Hinterhauptskondylus haben vermutlich eine gemeinsame Ätiologie.

E. Mir scheinen Gründe für die Annahme vorzuliegen, dass die Asymmetrien der genuinen Atlasassimilation und der Okzipitalmanifestationen dieselbe Ätiologie haben.

F. Die Asymmetrien der Okzipitalmanifestationen beruhen vermutlich auf den statischen Verhältnissen im oberen Nackengelenk.

G. Die genuine Atlasassimilation ist wahrscheinlich bei kleinen Kindern symmetrisch. Ihre Asymmetrien bei Erwachsenen sind vermutlich nicht durch erbliche Faktoren bedingt, sondern durch die statischen Verhältnisse des Rückgrats.

Kap. IX.

Zusammenfassung.

Ich will hier die wichtigsten Resultate dieser Arbeit und die Schlussfolgerungen, die ich aus ihnen ziehen zu dürfen glaube, kurz zusammenfassen. (Eingehendere Zusammenstellungen finden sich am Ende der Kapitel III—VIII.)

Der Zweck meiner Untersuchung war, einen Beitrag zu liefern zur Kenntnis:

a) der Ätiologie der Asymmetrien der Bewegungsorgane,

b) des Kausalzusammenhanges zwischen den verschiedenen Asymmetrien der Bewegungsorgane,

c) der Bedeutung der funktionellen und morphologischen Extremitätenasymmetrien für die Statik des Körpers.

Ich habe versucht, in erster Linie den Zusammenhang zwischen den funktionellen und den morphologischen Extremitätenasymmetrien und in zweiter das Verhältnis der erstgenannten zu den physiologischen frontalen Krümmungen des Rückgrats zu ermitteln.

I. Der Zusammenhang zwischen Händigkeit bzw. Beinigkeit und den morphologischen Extremitätenasymmetrien.

In Kap. III habe ich nachgewiesen, dass die Frequenz der primären funktionellen Linkshändigkeit und Linksbeinigkeit wahrscheinlich ungefähr 15 % beträgt, und dass die primären Linkshänder mit den Jahren immer mehr Bewegungen mit dem rechten Arm ausführen. Bei den unteren Extremitäten findet eine entsprechende Umstimmung dagegen nicht statt.

Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass die Länge der Arme von ihren funktionellen Verhältnissen abhängig ist. Ob dies auch für die unteren Extremitäten gilt, ist nicht bekannt. Aus folgenden Gründen habe ich angenommen, dass dies der Fall ist:

a. Bei kleinen Kindern ist das besser koordinierte Bein gewöhnlich länger.

b. Da die statischen Funktionen etwa zu Beginn der Schulzeit gut entwickelt sind, dürfte es zweckmässig sein, sich mehr auf das schlechter koordinierte Bein zu stützen. (Hierdurch wird das besser koordinierte Bein bis zu gewissem Grade für kompliziertere Bewegungen freigemacht, und die Statik wird, wie man annimmt, besser, denn eine stärkere Belastung sowohl der oberen als der unteren Extremität derselben Seite dürfte einen schlechten Gleichgewichtszustand zur Folge haben.)

Um die Richtigkeit dieser Theorie prüfen zu können, musste ich mir eine Vorstellung von den funktionellen Verhältnissen der verschiedenen Extremitäten bilden. Deshalb studierte ich die Verteilung der Gelenkaffektionen auf die verschiedenen Extremitätengelenke bei Arthrosis deformans, Polyarthritis rheumatica acuta und Polyarthrithis rheumatica chronica. Dabei stellte ich in erster Linie fest, dass die Entstehung und Entwicklung der Gelenkaffektionen höchstwahrscheinlich auf den funktionellen Verhältnissen der Gelenke beruht. Die Gelenkaffektionen treten ausserdem sowohl bei Kindern als bei Erwachsenen früher und häufiger im Arm der besser koordinierten Seite auf. Bis etwa zum Alter von 7 Jahren werden die Gelenke des besser koordinierten Beines früher und häufiger von der Krankheit befallen. Ungefähr nach dem 10. Lebensjahr gilt Entsprechendes für das Bein der entgegengesetzten Seite. Diese Feststellungen stützen die genannte Annahme. Ich halte es deshalb für wahrscheinlich, dass die morphologischen Asymmetrien der Beine wenigstens teilweise durch ihre funktionellen Verhältnisse verursacht sind.

II. Der Zusammenhang zwischen den funktionellen Extremitätenasymmetrien und den physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen.

Vieles bei den physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen ist noch unbekannt, z. B. die Zeit ihres Auftretens, ihre Häufigkeit bei Kindern, ihre Ätiologie, ihr Zusammenhang mit den Asymmetrien des Schädels, ihre Bedeutung für die Belastungsverhältnisse in der Kopf-Hals-Region usw. Nach Studium der vorliegenden Literatur halte ich es für sehr wahrscheinlich, dass eine Schrägstellung des Beckens in der Frontalebene infolge der normalen Längenasymmetrien der unteren Extremitäten der primäre Anlass der physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen ist. Zu dieser Ursache dürften dann andere Faktoren hinzutreten, z. B. dass der Arm der besser koordinierten Seite schwerer ist, mehr angewendet wird, kräftigere Ansatzmuskulatur hat usw. Hieraus könnte es sich meiner Ansicht nach erklären, dass die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen das ganze Leben hindurch unverändert bestehenbleiben, obgleich sich bekanntlich die Asymmetrien der unteren Extremitäten um die Zeit der Pubertät umkehren.

Bei meinen Untersuchungen der physiologischen Krümmungs- und Belastungsverhältnisse des Rückgrats wählte ich als Indikator die Asymmetrien im oberen Nackengelenk. Durch theoretische Studien bin ich nämlich zu folgender Auffassung von der Belastungsverteilung im oberen Nackengelenk bei verschiedenen Formen physiologischer frontaler Rückgratskrümmungen gelangt:

a. Bei Totalskoliose ist der Kondylus stärker belastet, der auf der konkaven Seite des Rückgrats liegt.

b. Bei allen Formen von kombinierter Skoliose ist der Kondylus stär-

ker belastet, welcher auf der Seite liegt, nach der die Konvexität der Thorakalskoliose gerichtet ist. Infolge der Frequenzverhältnisse dieser verschiedenen Rückgratskrümmungen muss, wenn meine Theorie richtig ist, der rechte Hinterhauptskondylus in ca. 80 % einem stärkeren Druck ausgesetzt sein als der linke, während es sich in ca. 20 % umgekehrt verhalten muss.

Meine Untersuchungen über das obere Nackengelenk bestanden in erster Linie in einer Registrierung der Lage der Hinterhauptskondylen bei Kindern und Erwachsenen. Die Asymmetrien, welche ich dabei beobachtet habe, weisen in bezug auf Entstehung, Entwicklung, Form und Frequenz solche Verhältnisse auf, dass ich mich zu folgenden Schlüssen für berechtigt halte:

a. Die Lageasymmetrien der Hinterhauptskondylen sind vermutlich durch ungleiche Belastung der beiden Hälften des oberen Nackengelenks bedingt.

b. Es ist wohl denkbar, dass dieser Unterschied seinerseits auf den physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen beruht.

Wegen dieser Resultate besteht meiner Ansicht nach Grund zu folgenden Vermutungen:

a. Die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen finden sich schon bei kleinen Kindern.

b. Die physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen kommen bei den meisten Kindern schon wenige Jahre nach der Geburt vor.

c. Die Belastungsverhältnisse im Rückgrat sind bei Kindern und Erwachsenen grundsätzlich gleich.

d. Die physiologischen Asymmetrien der unteren Extremitäten können die Form der physiologischen frontalen Rückgratskrümmungen bestimmen.

Diese Schlussfolgerungen scheinen mir wohlbegründet unter der Voraussetzung, dass die Asymmetrien der Hinterhauptskondylen wirklich durch ungleiche Belastung der beiden Hälften des Nackengelenks hervorgerufen sind. Die vorgebrachten Beweise können möglicherweise in gewissem Grade als unsicher betrachtet werden. Deshalb habe ich eine grosse Sammlung von Fällen mit genuiner Atlasassimilation und pathologischer Verwachsung im oberen Nackengelenk untersucht, um auf diese Weise vielleicht eine sichere Auffassung von den Druckverhältnissen im oberen Nackengelenk zu gewinnen. Dabei stellte ich fest, dass der Grad der Verwachsungen sowie die Verschiebungen des Atlas prinzipiell bei den beiden Ankyloseformen gleich sind, und dass ihre Beschaffenheit dafür spricht, dass der rechte Hinterhauptskondylus gewöhnlich stärker belastet ist als der linke. In dieselbe Richtung weist auch die asymmetrische Reduktion des Atlas bei genuiner Atlasassimilation. Meine Fälle von Ankylose im oberen Nackengelenk stammen fast ausschliesslich von Erwachsenen, weshalb sie keinen Aufschluss über die Verhältnisse bei Kindern geben.

Ich verfügte über ein wertvolles Schädelmaterial von Kindern und Erwachsenen und konnte ausserdem nachweisen, dass ein negativer Zusammenhang zwischen der genuinen Atlasassimilation und den Okzipitalmanifestationen besteht. Deshalb erschien es mir von grossem Interesse, die Asymmetrien der letzteren in verschiedenen Lebensaltern zu untersuchen. Diese sind denen der genuinen Atlasassimilation und der pathologischen Verwachsung im oberen Nackengelenk gerade entgegengesetzt. Die Asymmetrien der Okzipitalmanifestationen zeigen indes sowohl bei Kindern als bei Erwachsenen gute prinzipielle Übereinstimmung mit denen, die ich hinsichtlich der Lage der Hinterhauptskondylen konstatiert habe. Die Schlüsse, die ich aus der letzteren gezogen habe, dürften deshalb wohlbegründet sein (siehe oben). Meine Untersuchungsresultate machen nämlich Folgendes wahrscheinlich:

a. Die Belastungsverhältnisse im oberen Nackengelenk sind während der ersten Kinderjahre ziemlich symmetrisch.

b. Um das 4. Lebensjahr tritt eine Veränderung derart ein, dass der rechte Kondylus gewöhnlich stärker belastet wird als der linke.

Meine verschiedenen Materialgruppen gaben keinen exakten Aufschluss über das Frequenzverhältnis zwischen den Fällen, in denen der rechte Hinterhauptskondylus stärker belastet ist als der linke, und denen, in denen es sich umgekehrt verhält. Vermutlich beträgt es ungefähr 4: 1.

Es konnte nicht bewiesen werden, dass es sich in den Fällen, welche Zeichen von grösserer Belastung des linken als des rechten Hinterhauptskondylus aufweisen, um linkshändige Individuen handelt. Indes halte ich es für wahrscheinlich, dass es sich so verhält. Invertierte normalstatische Skoliose findet sich nämlich hauptsächlich bei Linkshändern. Ausserdem stimmt das Frequenzverhältnis zwischen den asymmetrischen Fällen bei Ankylose im oberen Nackengelenk, bei Okzipitalmanifestationen und hinsichtlich der Lage der Hinterhauptskondylen ziemlich gut mit der Häufigkeit der funktionellen Linkshändigkeit überein. Völlig sichere Beweise dürften sich nur erbringen lassen, wenn die Händigkeit und Beinigkeit vor dem Tode von Individuen bestimmt wird, deren Asymmetrien im oberen Nackengelenk danach registriert werden.

Durch diese Untersuchungen glaube ich Folgendes wahrscheinlich gemacht zu haben:

a. Die morphologischen Asymmetrien der Bewegungsorgane beruhen auf ihren funktionellen Verhältnissen.

b. Es besteht ein Kausalzusammenhang zwischen den physiologischen Asymmetrien der Extremitäten und der Wirbelsäule.

c. Die funktionellen und morphologischen Extremitätenasymmetrien haben Einfluss auf die Statik der ganzen Wirbelsäule sowie der Kopf-Hals-Grenze.

Nachwort.

Neue Arbeitsaufgaben.

Meine in dieser Arbeit veröffentlichten Untersuchungen konnten die in Kap. I aufgestellten Fragen nur teilweise beantworten. Viele wichtige Probleme auf diesem Gebiet sowie zahlreiche Einzelfragen sind noch ungelöst. Aus praktischen Gründen konnte ich indes meine Forschungen nicht auf diese ausdehnen.

Es erschien mir von besonderer Wichtigkeit, die Bedeutung der Funktion für die Resistenz der Gelenke gegen Gelenkkrankheiten experimentell festzustellen. Seit 1 1 2 Jahren bin ich deshalb mit einer diesbezüglichen Untersuchung an Kaninchen beschäftigt. Verschieden trainierte Tiere erhielten intravenöse Einspritzungen einer Aufschlämmung von Enterokokken. Der Bakterienstamm wurde von einer Patientin erhalten, die an Polyarthritis rheumatica acuta litt. Wegen des verhältnismässig grossen Umfangs der Untersuchung konnte ich dieselbe noch nicht zu Ende führen. Sie konnte deshalb nicht, wie ich ursprünglich plante, in diese Arbeit aufgenommen werden. Die vorläufigen Untersuchungsresultate zeigen indes, dass Art und Grad der Gelenkaffektionen wahrscheinlich in einem engen Abhängigkeitsverhältnis zu der Funktion der Gelenke stehen. Im Zusammenhang mit dieser Untersuchung habe ich den Zustand der Herzgefässe und der Herzmuskulatur nach verschiedener Trainierung bei der genannten Infektion studiert. Diese Untersuchungen hoffe ich im nächsten Halbjahr abschliessen zu können.

Der Zusammenhang zwischen der Händigkeit bzw. Beinigkeit und den morphologischen Asymmetrien der Extremitäten bei Kindern verschiedenen Alters bedarf meines Erachtens einer näheren Erforschung. Deshalb habe ich eine Methode für bequeme und relativ exakte röntgenologische Registrierung der Extremitätenlängen ausgearbeitet, die ich bei einer geplanten Untersuchung des genannten Zusammenhangs anzuwenden gedenke. Gleichzeitig beabsichtige ich, einen Vergleich zwischen den Extremitätenasymmetrien einerseits und den Krümmungen der Interspinallinie bzw. der Wirbelkörpersäule andererseits anzustellen. Auf diese Weise hoffe ich eine ziemlich bestimmte Vorstellung von der normalen Statik bei Kindern zu gewinnen.

Die genuine Atlasassimilation während der Kindheit ist noch sehr unvollständig erforscht, weil dieser Zustand vermutlich ohne mehr hervortretende Erscheinungen verläuft. Ich habe die Absicht, wenn sich mir die Möglichkeit bietet, ein grösseres Kindermaterial mit Röntgendurchleuchtung zu untersuchen. Dabei würde es wahrscheinlich möglich sein, die Verhältnisse der morphologischen Asymmetrien sowie

der klinischen Symptome während zunehmenden Alters bei genuiner Atlasassimilation festzustellen.

Ich hoffe, in nächster Zukunft Gelegenheit zu bekommen, die beiden zuletzt skizzierten Probleme zu behandeln.

Summary.

Many different forms of asymmetries in the locomotive organs of man have long been known. Their aetiology and internal connection, however, have as yet been elucidated only to a slight extent. My intention with this investigation has therefore been to try to make a contribution to the knowledge of:

a. The aetiology of asymmetries in locomotive organs.

b. The significance of the functional and morphological asymmetries of the extremities for the statics of the human body.

In the first place, I have tried to explain the connection between functional and morphological extremity-asymmetries, and, in the second place, the relation of these to the physiological, frontal curvatures of the spine.

I. The Connection between Right-left-handedness and Right-left-leggedness and the Morphological Asymmetries of the Extremities.

Ch. II contains an account of the methods of statistical calculation employed. In ch. III there is a brief bibliography of extant litterature on right- and left-handedness and right- and left-leggedness. In this chapter the most important results of my investigations are the following:

a. The frequency of primary left-handedness is approx. 15 %. (The material of my investigation consisted of 1,273 individuals of different sexes and ages.)

b. With an increase of age left-handed persons make one-sided movements with their right arms more and more frequently and repeatedly. (A correspondence to this fact does not apply to the legs.)

c. The cause of the change mentioned is very likely the influence of environment.

Ch. IV contains an account of the morphological asymmetries of the extremities. The best co-ordinated arm is usually the heaviest, longest, and strongest during a life-time. There is, on the whole, a similar correspondence in the lower extremities up to the age of ten or twelve. After that, the asymmetries turn out to be the contrary. As a matter of principle, I have verified this by ascertaining the length of 1,917 lengthy bones (femur, tibia, humerus, and radius) from adults. From a material of 71 new-born babes and foetuses in the two last months of gravidity, I have not been able to find any regular asymmetries. The cause of this transposition of the asymmetries of the lower extremities is not known.

I expound a theory which implies that normal statics places a greater demand on the leg least co-ordinated. (The best co-ordinated leg is thereby, to a certain extent, liberated for more complicated movements, and the statics are considered to turn out better, because a greater load on the upper as well as the lower extremities of the same side would, I dare say, cause a poor state of equilibrium.)

In order to be able to investigate into the correctness of this theory I have had to acquire a view concerning the functional conditions of various extremities. I have therefore studied the distribution of the affections of the joint among the various extremity-joints in Arthrosis deformans of adults (135 cases), Polyarthritis rheumatica chronica in adults (280 cases), and Polyarthritis rheumatica acuta in children and adults (1,484 cases). In these a number of facts have been established, among which the following are probably the most important:

a. The relative number of affections of the joint increases in the arms and decreases in the legs with growing age.

b. The proximal extremity-joints show fewer affections of the joint in Polyarthritis rheumat. ac. and Polyarthritis rheumat. chron.

c. The distribution of the changes of the joints is principally similar in all three diseases of the joints.

Since earlier investigations have shown that the origin and development of the symptom of Arthrosis deformans are dependent on the functional conditions of the joints, the results of my investigations give, according to my opinion, evidence of the fact that this also pertains to the two other groups of diseases.

The affections of the joint occur earlier and more frequently in the arm of the best co-ordinated side in children as well as in adults. Up to about the age of seven the joints of the best co-ordinated leg is earliest and most frequently affected by the disease. After about the age of ten there is a similar correspondence to this in the leg of the opposite side. These established facts confirm the theory I advanced above. Therefore I consider it to be probable that the morphological asymmetries of the legs are at least in part caused by their functional conditions.

II. The Connection between the Functional Asymmetries of the Extremities and the Physiological Frontal Curvatures of the Spine.

From extant litterature on the subject the following may be recorded:

a. In the physiological frontal curvatures of the spine and in static scoliosis the curvatures arise primarily in the lumbar region.

b. These presumably constitute for some time a part of a one-phased total scoliosis, after which isolated frontal curvatures arise within the thoracic and cervical regions respectively. The first-mentioned is secondary to the lumbar scoliosis, and the last-mentioned to that of the thorax.

c. The curvature within the thoracic region is turned in a direction

opposite that of the lumbar region. The regions of the neck and loins have the same direction.

d. The physiological frontal curvatures of the spine and the statical scoliosis can, by a simple clinical investigation, be ascertained first at the age of six to eight. Total scoliosis is rare in older children and adults.

e. Total scoliosis diagnosed in clinical investigations is in reality often a combined scoliosis.

f. The physiological frontal curvatures of the spine and the statical scoliosis can, by means of clinical investigation, be established in schoolchildren at a total of approx. 25 %. The physiological frontal curvatures of the spine are, by the same method, observed in adults up to 90 %.

g. Total scoliosis is in approx. 80 % cases left-convex in the lumbar region, right-convex in the thoracic region, and left-convex in the cervical region. In about 20 % of the cases the curvatures show the image of this form.

h. An oblique position of the pelvis in the frontal plane results in a primary scolios in the lumbar region. Its convexity is turned towards the side where half the pelvic is lowest. Such an oblique position is acquired from different lengths of the lower extremities. That is why asymmetries in these can be the cause of physiological frontal curvatures in the spine.

i. Individuals with right-convex thoracic scoliosis have approx. in 50 % of all cases head-scoliosis with the same direction and in the rest of the cases a joint, left-convex scoliosis of the head and neck. Individuals with left-convex thoracic scoliosis have in general a head-scoliosis with the same direction.

After having studied extant litterature on the subject, I consider it very probable that an oblique position of the pelvis in the frontal plane, on account of the normal asymmetries of the lower extremities, is the primary cause of physiological frontal curvatures in the spine. To this cause other factors may furthermore be added, such as the arm of the best co-ordinated side being the heaviest, being used the most, having the strongest connecting-musculature, etc. This, in my opinion, could be thought of as being the cause of the physiological frontal curvatures of the spine being unchanged throughout life in spite of the well-known transposition of the asymmetries of the lower extremities at the age of puberty.

In my investigations into the physiological curvature and load-conditions of the spine I have, as an indication, chosen the asymmetries in the upper region of the neck. By theoretical computations I have come to the conclusion that load-conditions in the upper joint of the neck should, for different varieties of physiological frontal curvatures in the spine, be divided as follows:

a. In total scoliosis that condyle is heaviest loaded which is situated on the concave side of the spine.

b. In all forms of combined scoliosis that condyle is heaviest loaded which is situated on the side towards which the convexity of the thoracic scoliosis is turned. On account of the mutual relations of frequency in these various spinal curvatures, the right occipital condyle should, provided my theory is correct, be exposed to a greater pressure than the left in about 80 % of all cases, and the opposite ought to be the case in about 20 % of them.

In order to verify this, if possible, I have examined the position of occipital condyles in 637 skulls of new-born infants, of children between 1 and 15 years of age, and of adults. From this investigation the following facts have, among other things, been revealed:

a. Occipital condyles lie symmetrically in new-born infants. During the first years of infancy their oral ends are dislocated into a mainly lateral position, but gradually into a more ventro-lateral one. At the same time, the dorsal parts of the condyles grow in a dorso-lateral direction. These dislocations result in the condyles' getting a more sagittal position with years than they do in new-born infants.

b. Condyles grow absolutely as well as relatively with increasing age, if, as a measure of comparison, we use the distance from the Basion to the Opisthion. The growth is more rapid in younger individuals than in adults.

c. The dislocation of the condyles occurs symmetrically up to approx. 4 years of age. After that the right condyle is, as a whole, more ventrally and medially located than the left.

d. The number of symmetrical cases is highest up to approx. 4 years of age (about 80 %). After that their frequency diminishes quickly, and is in adults below 10 %. Asymmetrical cases consist of two different varieties: The first shows a ventral and medial dislocation of the right condyle. The second is an image of the first. In new-born infants and children under 4 years of age the two varieties of asymmetrically located condyles are about equally prevalent. After this age the right condyle is ventrally dislocated in more than 80 % of all cases, and the left in less than 20 %. Asymmetries increase in size absolutely as well as relatively with growing age.

From the results of these investigations I consider myself entitled to draw the following conclusions:

a. The location-asymmetries of occipital condyles are presumably caused by the difference in load on both halves of the upper joint of the neck.

b. This difference, in its turn, can well be thought of as being caused by the physiological frontal curvatures of the spine.

On the basis of these results I hold that there are reasons for presuming:

a. that physiological frontal curvatures of the spine are to be found even in infants,

b. that physiological frontal curvatures of the spine are prevalent among the majority of children already a few years after birth,

c. that load-conditions in the spine are principally alike in children and adults,

d. that the physiological asymmetries in the lower extremities can be thought of as determining the form of the physiological frontal curvatures of the spine.

These conclusions are, in my opinion, well-founded, provided that the asymmetries of occipital condyles are really caused by various loads in both halves of the joint of the neck. The proofs expounded may, to a certain extent, be considered uncertain. I have therefore made investigations into all the cases of assimilation of the atlas and pathological anchylosis in the upper joint of the neck in c. 59,000 crania. In that way I have tried to obtain a more positive view of pressure-conditions in the upper joint of the neck.

In these studies, furthermore, the following results have been obtained:

a. In an assimilation of the atlas an acute anchylosis generally results also in a heavy reduction of the atlas (splitting of the Arcus dorsalis atlantis and the ventral limitation of Foramen occipitale magnum). A mild anchylosis is in most cases followed by an insignificant reduction of the vertebra. Pathological anchylosis in the upper joint of the neck does not necessarily result in any similar changes.

b. The reduction of the atlas is usually stronger on the right side than on the left.

c. The degree of intergrowth in the assimilation of the atlas, as well as in pathological anchylosis in the upper joint of the neck, is generally greater on the right side than on the left.

d. The atlas in assimilation of the atlas as well as in pathological anchylosis of the upper joint of the neck has probably been dislocated more often towards the most anchylosed side than from it.

e. Rotation of the atlas is more prevalent in mild and moderate anchylosis of the upper joint of the neck than in severe. The motion occurs practically always around the condyle of the most anchylosed side, which implies that it most often takes place around the right occipital condyle.

These established facts will doubtlessly go to prove that the right occipital condyle is usually heavier loaded than the left. My cases of anchylosis in the upper joint of the neck originate almost exclusively from adult individuals. That is why they do not give us any information about the conditions prevalent in children. I have had at my disposal a valuable material of crania from children (a total of 1,686), and from adults (a number of 1,337). Besides that, I have been able to show that there exists a negative relationship between the assimilation of the atlas and occipital manifestations. For that reason it has, in my

opinion, been of great interest to investigate into the asymmetries of the latter in regard to various ages. Through these investigations I have, among other things, obtained the following results:

a. All varieties of osseous occipital manifestations show a growing frequency with an increase of age. This accretion is completed, in the case of Canalis n. hypogl. bipart., at approx. 14 years of age. For Proc. basialis and Proc. paracondylicus, the same phenomenon is to be found first in adults.

b. The combined number of osseous and cartilaginous occipital manifestations in new-born infants is approximately as great as in adults. The cartilaginous manifestations, however, constitute the main part of the former group, but only an insignificant portion of the latter.

c. The complete osseous partition of Can. n. hypogl. shows successively a rising frequency with an increase of age. The corresponding incomplete partition on the other hand, has a constant frequency within all classes of age. If we take osseous as well as cartilaginous occipital manifestations into consideration, the relation between the number of cases with complete and incomplete partition will be approximately the same in new-born babes and adults.

d. The relative number of symmetrical cases of occipital manifestation decreases with an increase of age, in spite of the fact that the frequency of occipital manifestations rises simultaneously. The combined number of osseous and cartilaginous occipital manifestations in new-born infants, which have about the same frequency as the osseous manifestation in adults, has a considerably higher value of the relative number of symmetrical cases than that of adults.

e. The asymmetrical cases of occipital manifestation show an approximately equal distribution on both sides up to about four years of age. After that, the left side has a considerable preponderance. There is a close correspondence between the appearance of the various forms of manifestation on the right side and of those on the left.

f. If only the asymmetrical cases are taken into consideration, those of the left side amount to approx. 50 % up to about 4 years of age. After that, the frequency rises rapidly up to c. 85 %.

g. Ponticulus posterior in new-born infants is generally symmetrical. In adults there is a definite preponderance of complete as well as incomplete forms in the left side.

h. The relative frequency of symmetrical and asymmetrical cases in determining the location of occipital condyles and in occipital manifestation show a remarkable correspondence with each other in children as well as in adults.

i. The asymmetries of occipital manifestation and of the assimilation of the atlas in adults are quite the opposite of one another.

From the results of these investigations I consider myself entitled to draw, among other conclusions, the following:

a. The different varieties of occipital manifestation are probably parts of the same phenomenon, viz. the appearance of vertebral elements found in the Os occipitale.

b. Occipital manifestations are presumably acquired as early as at birth, generally in the form of cartilaginous formations.

c. There is presumably a common aetiology for the origin and development of the asymmetries of occipital manifestations and for the differences in location of the right and left occipital condyle.

d. In my opinion, there are reasons for assuming that the aetiology of the asymmetries of the assimilation of the atlas and those of occipital manifestations is the same, viz. the static conditions in the upper joint of the neck.

e. The assimilation of the atlas is in all probability symmetrical in infants. Asymmetries in adults are presumably not caused by hereditary conditions, but by the static conditions of the spine.

The conclusions I have drawn from the results of my investigations into the location-asymmetries of occipital condyles are therefore, I dare say, well-founded.

It has not been possible to obtain exact data from the various materials of my investigations concerning the relation between those number of cases that have a greater load on the right occipital condyle than on the left, and those that show the opposite condition. Probably the value amounts to about four.

It has not been possible to give any proofs of those cases that show indications of a bigger load on the left occipital condyle than on the right belonging to left-handed individuals. It is, however, in my opinion, very probable that such is the case.

Inverted, normally static scoliosis is to be found mainly in left-handed individuals. Furthermore, the mutual relation of frequency between the asymmetrical cases of anchylosis in the upper joint of the neck, occipital manifestation, and the location-asymmetries of occipital condyles corresponds fairly well with the frequency of functional left-handedness. It may be taken for granted that fully reliable proofs can only be obtained if handedness and leggedness is ascertained before death in individuals whose asymmetries of the upper joint of the neck are registered afterwards.

By these investigations I have therefore, according to my opinion, made plausible:

a. that the morphological asymmetries of organs of locomotion are dependent on their functional conditions,

b. that there exists a causal relationship between the physiological asymmetries of the extremities and those of the vertebral column,

c. that the functional and morphological extremity-asymmetries have an influence on the statics of the entire vertebral column and on those of the border between the head and neck.

Literaturverzeichnis.

Nur im Text erwähnte Arbeiten sind in diesem Literaturverzeichnis zu finden.

Die Verkürzungen sind in Übereinstimmung mit den Vorschriften in Quarterly Cumulative Index Medicus, Chicago, ausgeführt worden.

Wo eine Arbeit im Citat gelesen wurde, da das Original nicht zu erhalten war, ist der citierte Verfasser angegeben.

Abderhalden, E. 1919. Beobachtungen zur Frage der morphologischen und funktionellen Asymmetrie des menschlichen Körpers. Arch. f. d. ges. Physiol. 177.

Albrecht. 1885. Ueber den anatomischen Grund der Skoliose. Zentralbl. f. Chir. 25.

Alder, A. 1933. Rheumatismus und Unfall. Schweiz. med. Wchnschr. 63.

Amadli u. Tonnini. 1883. Arch. di Psichiatria, Med. leg. ed Antropol. crim. 4. Cit. K. v. Bardeleben 1909.

Apert, M. E. 1901. Fusion congénitale de l'atlas et de l'occipital. Bull. et mém. Soc. anat. 3.

Arnold, F. 1844—45. Handbuch der Anatomie des Menschen I. Cit. Gaupp 1889 u. a.

Ask-Upmark, E. 1943. Ansträngning och allergi. Svenska Läkartidningen 10.

Baetzner, W. 1929. Arthropathien durch Sport. Deutsche Ges. f. Rheumabeh. 4.

Baldwin, J. M. 1890. Origin of right or left handedness. Science. Cit. Ludwig 1932.

Barbé. 1885. Contribution à l'étude des fièvres épitraumatiques. Cit. Gerbaut u. Andermann 1934.

Bardeleben, K. v. 1896—1912. Handbuch der Anatomie des Menschen. Jena.

——. 1909. Ueber bilaterale Asymmetrie beim Menschen und bei höheren Tieren. Anat. Anz. 34.

——. 1910. Ueber Rechts- und Linkshändigkeit beim Menschen. Anat. Anz. 37.

——. 1911. Weitere Untersuchungen über Linkshändigkeit. Anat. Anz. 38.

Barge, J. A. J. 1918. Die Entwicklung der Craniovertebralgrenze beim Schaf. Beitr. u. Refer. Anat. u. Entw.gesch. 55.

— . 1917—20. Problem im Cranio-Vertebralgebiet. Verh. d. Koneck. Akad. v. Wetench. 20.

Bartelmez, G. W. u. Evans, H. M. 1926. Development of the human embryo during the period of somite formation, including embryos with 2 to 16 pairs of somites. Carnegie Inst. Washington Publ., Contr. to Embryol. 17. Cit. Ludwig 1932.

Becker, H. 1940. Eine klinisch und anatomisch ungewöhnliche Beobachtung einer Atlasassimilation mit basaler Impression; ihre Bedeutung für die Zuordnung dieser Umbildung. Arch. f. Psychiat. 111.

Béclard. 1813. Bull. Fac. de méd. Cit. Jansen 1913.

Beitzke, H. 1911. Ueber die sog. Arthr. def. atrophica. Ztschr. f. klin. Med. 215.

Bell, C. 1836. Die menschliche Hand und ihre Eigenschaften. Cit. Stier 1911.

Bertolotti. 1920. Les anomalies congénitales de rachis cervical. La chirurgia degli organi di movimento. 4. Cit. Feil 1921.

Bethe, A. 1925. Zur Statistik der Links- und Rechtshändigkeit und der Vorherrschaft einer Hemisphäre. Deutsche med. Wchnschr. 51.

Bichat. 1829. Cit. Gaupp 1909.

Biervliet, J. J. v. 1897. L'asymétrie sensorielle. Bull. Acad. R. Belg. 34. Cit. K. v. Bardeleben 1909.

——. 1899. L'homme droit et l'homme gauche. Rev. philos. de la France et de l'étranger 47. Cit. K. v. Bardeleben 1909.

Bischoff, E. 1863. Einige Gewichts- und Trocken-Bestimmungen der Organe des menschlichen Körpers. Ztschr. f. rat. Med. 20. Cit. Gaupp 1889.

Bolk, L. 1906. Zur Frage der Assimilation des Atlas am Schädel beim Menschen. Anat. Anz. 28.
——. 1921. Die verschiedenen Formen des Condylus tertius und ihre Entstehungsursache. Anat. Anz. 54.
——. 1922. Ueber unvollständig assimilierte letzte Occipitalwirbel beim Menschen. Anat. Anz. 55.
Boseck. 1904. Ein Fall von akutem Gelenkrheumatismus im Anschluss an ein Trauma. München. med. Wchnschr. 51.
Bouvier, M. 1837. Gaz. d. hôp. 132. Cit. Jansen 1913.
. 1851—52. Mémoires sur l'inégalité congénitale ou acquise de deux moitiés latérales de la face. Bull. Acad. nat. Méd. 17. Cit. Hagen-Torn 1930—31.
Boyd, R. 1861. Tables of the weights of the human body and internal organs in the sane and insane of both sexes of various ages, arranged from 2614 postmortem examinations. Philos. Trans. of the Royal Soc. of London. Cit. K. v. Bardeleben 1909.
Brann, R. 1929. Untersuchungen zur Frage der Rechts- und Linkshändigkeit und zum Gestalterkennen aus der Bewegung bei Kindern. Arch. f. Psychiat. 86.
Braune, W. 1891. Das Gewichtsverhältnis der rechten zur linken Hirnhälfte beim Menschen. Arch. f. Anat. u. Physiol., Anat. Abt.
Broca, P. 1888. Mémoires d'Anthropologie. (Bull. de Soc. d'Anthrop. de Paris. 1865.) Cit. K. v. Bardeleben 1909.
Broman, I. 1911. Normale und abnorme Entwicklung des Menschen. Wiesbaden.
Brown, T. 1672. Of the right and left hand. Pseudodoxia Epidemica. 4. Cit. Ludwig 1932.
Brown-Séquard. 1871. Gehirnhälften beim Meerschweinchen. Cit. K. v. Bardeleben 1909.
Brugière. 1817. Cit. Gerbaut u. Andermann 1934.
Buchanan, A. 1862. Mechanical theory of the predominance of the right hand. Proc. philos. Soc. Glasgow. Cit. Ludwig 1932.
Burckhardt, H. 1924. Experimentelle Untersuchungen über die Beziehungen der Gelenkfunktion zur A. def. Arch. f. klin. Chir. 132.
. 1932. Arthritis def. und chron. Gelenkkrankheiten. Neue deutsche Chir. 52.
Busmüller. Der menschliche Femur (nebst Beiträgen zur Kenntnis der Affenfemora). Phil. Dissert. München. Cit. Romich 1927—28.
Buss. 1895. Ueber die Beziehungen zwischen Angina und acutem Gelenkrheumatismus. Deutsches Arch. f. klin. Med. 54. Cit. Thiem 1902.
Busse, H. 1936. Über normale Asymmetrien des Gesichts und im Körperbau des Menschen. Ztschr. f. Morphol. u. Anthropol. 35.
Bystrow, A. P. 1931. Assimilation des Atlas und Manifestation des Proatlas. Ztschr. f. d. ges. Anat. 95.
——. 1933—34. Morfologische Untersuchung über die Occipitalregion und die ersten Halswirbel der Säugetiere und des Menschen. II. Mitteilung. Ztschr. f. d. ges. Anat. 102.
Camerarius, R. J. 1683. Syllogus Memorabilium Medicinae et Memorabilium Naturae Arcanorum Centuriae. 20. Tübingen. Cit. Ludwig 1932.
Charcot. 1876. Traité des maladies des vieillards. Cit. Gerbaut u. Andermann 1934.
Chazrewin, E. R. 1910. Klinische Studien über den Gelenkrheumatismus. Inaug.-Diss. Zürich.
Cheselden. 1741. The Anatomy of the human body. Cit. Jansen 1913.
Chiarugi. 1895. Il terzo condilo e i processi basilari del cranio umano. Monitore Zool. Ital. Cit. Tavarès 1927.
Chlumsky, V. 1910. Ueber die Behandlung der habituellen (Schul-) Skoliose. Ztschr. f. orthop. Chir. 25.
Coates, V. u. Delicati, L. 1932. The correlation between certain rheumatic disorders and occupation. Acta rheumatol. 15.
Coraini, E. 1901. L'articolazione bigemina del Bregma. Atti Soc. rom. Anthropol. 7. Cit. Romich 1927—28.
Correia, M. 1927. Sur la fréquence de l'occipitalisation de l'atlas. Compt. rend. Soc. de biol.

Coste, F. 1937. Rheumatismes et traumatismes. Ann. de méd. lég. 17.
Cotton, F. J. 1933. Traumatic arthritis. New England J. Med. 108.
Cunningham, D. J. 1902. Righthandedness and leftbrainedness. J. Anthropol. Inst. of Great Brit. 32. Cit. Weber 1903 u. a.
Damsch, O. u. Rosenbach, J. 1901. Krankheiten der Bewegungsorgane. Handb. d. prakt. Med. 3.
Debierre. 1887. Le développement des membres du côté droit l'emporte-t-il originairement sur celui-ci des membres du côté gauche? Compt. rend. Soc. de biol. 39.
Demme. 1831. Ueber ungleiche Hirnhälften. Med. Dissert. Würzburg. Cit. K. v. Bardeleben 1909.
Desruelles. 1841. Note sur l'incurvation à (concavité) gauche de la région dorsale de la colonne épinière. Gaz. d. hôp. Cit. Jansen 1913.
Deveau, L. 1912. Du rhumatisme articulaire aigu post-traumatique et ses applications à l'Expertise Médico-Légale. Méd. Dissert. Paris.
Dieffenbach. 1841. Über die Durchschneidung der Sehnen und Muskeln. Cit. Hagen-Torn 1930.
Disse, J. 1896. Skeletlehre. K. v. Bardeleben. Handbuch der Anatomie des Menschen. Del 1. Jena.
Doub, H. P. 1933. Relation of trauma of arthritis. Am. J. Roentgenol. 30.
Downey, J. E. 1927. Types of dextrality and their implications. Am. J. Psychol. 38.
Dwight, T. 1909. Concomitant Assimilation of the Atlas and Occiput with the Manifestation of an Occipital Vertebra. Anat. Rec. 3.
Ecker, A. 1868. Zur Entwicklungsgeschichte der Furchen und Windungen der Grosshirnhemisphären. Arch. f. Anthrop. 3. Cit. K. v. Bardeleben 1909.
Edström, G. 1935. Febris rheumatica. Med. Dissert. Lund.
——. 1936. Mechanisches Trauma und nachfolgende Febris rheumatica. Acta med. Scandinav. 88.
Engel, J. 1863. Die Schädelform in ihrer Entwickelung von der Geburt bis in das Alter der Reife. Prag. Vierteljahrschr. 20.
Engeland, R. 1922. Ueber funktionelle Asymmetrie. München. med. Wchnschr. 69.
Engelmann. 1928. Cit. Sidler 1938.
Engström, R. 1930. Trauma och rheumatisk polyarthrit. Svenska Läkartidningen 9.
Eulenburg. 1865. Zur Aetiologie der habituellen Skoliose. Berlin. med. Wchnschr. Cit. Jansen 1913.
Farkas, A. 1924. Zur Mechanik der Skoliose. Ztschr. f. orthop. Chir. 43.
Feil, A. 1921. Occipitalisation de l'atlas et torticollis congénital. Presse Méd.
Fischer, A. 1932. Rheumatismus als Berufskrankheit. Acta rheumatol. 15.
Fortescue Fox, E. 1936. Arthritis in Women. London.
Fox, R. F. 1932. Rise of conception of rheumatism as social problem. J. State Med.
Franceschi. 1888. Bollettino della Societa di Scienze mediche di Bologna. Cit. Kappers 1926.
Freund, E. 1929. Gelenkerkrankungen. Berlin.
Friedländer. 1886. Ueber den typischen Verlauf des acuten Gelenkrheumatismus. Verh. d. Cong. f. inn. Med. Wiesbaden.
Frohse, F. u. Fränkel, M. 1908. Die Muskeln des menschlichen Armes. K. v. Bardeleben. Handbuch der Anatomie des Menschen. Jena.
——. 1913. Die Muskeln des menschlichen Beines. K. v. Bardeleben. Handbuch der Anatomie des Menschen. Jena.
Frommolt, G. u. Caffier, P. 1927. Zur Frage der Asymmetrie des Schädels von Neugeborenen. Zentralbl. f. Gynäk. 51.
Froriep, A. 1883. Zur Entwickelungsgeschichte der Wirbelsäule, insbesondere des Atlas und Epistropheus und der Occipitalregion. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt.
Fröhlich, H. 1887. Militärmedizin. Braunschweig. Cit. Merkel 1903.
Ganfini. 1906. Sopra alcune faccette articolari del basioccipitale in rapporto ai processi basilari. Monitore Zool. Ital. Cit. Tavarès 1927.
Garson, J. G. 1899. Inequalities in Length of the lower Limbs. J. Anat. a. Physiol. 13.

Gaugele. 1934. Die habituellen Verkrümmungen der Wirbelsäule, ihre Behandlung. München. med. Wchnschr. 81.
Gaupp, E. 1889. Über die Mass- und Gewichts-Differenzen zwischen den Knochen der rechten und linken Extremitäten des Menschen. Med. Dissert. Breslau.
——. 1909. Über die Rechtshändigkeit des Menschen. Samml. anat. u. physiol. Vorträge. 1.
Gegenbauer, C. 1909. Lehrbuch der Anatomie. 1. Leipzig.
Gerbaut, P. u. Andermann. 1934. Traumatismes et rhumatisme articulaire aigu. Rev. d. Rhumatisme. 1.
Gerhardt, C. 1886. Ueber Rheumatoiderkrankungen. Deutsche med. Wchnschr. Cit. Lenhartz 1896.
Gladstone, R. J. u. Erichsen-Powell, W. 1914—15. Manifestation of Occipital Vertebrae, and Fusion of the Atlas with the Occipital Bone. J. Anat. a. Physiol. 49.
Glaesmer. 1909. Die Atlanto-Occipital-Synostose. Ueber ihre pathologischen oder morphologischen Ursachen auf Grund eines Weichteilpräparates. Anat. Anz. 36.
Godin, P. 1910. Asymétries normales des organes binaires chez l'Homme. Compt. rend. Acad. de sc. 151.
Gratiolet, P. 1839—57. In: Anatomie comparée du système nerveux. Cit. K. v. Bardeleben 1909.
Grimme, H. 1904. Anomalien der Halswirbelsäule. Göttingen.
Guldberg, G. 1897. Om Ekstremitetsasymmetrien hos Mennesket. Norsk mag. f. laegevidensk. 12.
Gundobin, A. P. 1912. Die Besonderheiten des Kindersalters. Berlin.
Gutzmann. Cit. Stier 1911.
Günther, H. 1923. Die biologische Bedeutung der Inversionen. Biol. Zentralbl. 43.
Hagen, W. 1900. Die Bildung des Knorpelskelets beim menschlichen Embryo. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt.
Hagen-Torn, J. 1930. Die Lösung des Problems über die Entstehung der Schädelasymmetrie und Skoliose bei Caput obstipum. Arch. f. klin. Chir. 163.
Haglund, P. 1909. Ueber die Wirbelsäulenverkrümmungen in einer Volkschule und über die Möglichkeit, Behandlung für dieselben anzuordnen. Ztschr. f. orthop. Chir. 25.
——. 1916. Die Entstehung und Behandlung der Skoliosen. Berlin.
——. 1923. Prinzipien der Orthopädie. Jena.
Hansemann, D. v. 1908. Über die Asymmetrie der Gelenkflächen des Hinterhauptes. Ztschr. Ethnol. 40.
Harrower, G. 1923. Variations in the region of Foramen magn. J. Anat. 57.
Harting. 1870. Über eine sich durch Vererbung fortpflanzende Asymmetrie des menschlichen Skelets. Jenaische Ztschr. 5. Cit. Gaupp 1889.
Hasse, C. 1887. Ueber Gesichtsasymmetrien. Arch. f. Anat.
——. 1891. Die Ungleichheit der beiden Hälften des erwachsenen menschlichen Beckens. Arch. f. Anat.
Hasse, C. u. Dehner. 1893. Unsere Truppen in körperlicher Beziehung. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt.
Hasselwander, A. 1931. Bewegungssystem. Peter, Wetzel, Heiderich. Handbuch der Anatomie des Kindes. München.
Hayek, H. 1926. Ueber den Processus paramastoideus beim Menschen und bei Säugetieren und den Ponticulus lat. atlantis. Anat. Anz. 61.
——. 1927. Untersuchungen über Atlas, Epistropheus und Hinterhauptbein. Morphol. Jahrb. 58.
Heath, C. 1878. Clinical lecture on lateral curvature of the spine. Brit. M. J.
Heidsieck, E. 1925. Ein Fall von Atlasassimilation, Verschmelzung des 2. mit dem 3. Halswirbel und anderen Anomalien des Kopf-Halsskelets. Ztschr. f. d. ges. Anat.
——. 1931. Neue Beiträge zur Frage der Grenze zwischen Schädel und Wirbelsäule beim Menschen. Anat. Anz. 72.
Heiland, F. M. 1807. Darstellung des Verhältnisses zwischen der rechten und linken

Hälfte des menschlichen Körpers und ihre Verschiedenheiten im gesunden Zustande. Nürnberg. Cit. Gaupp 1909.

Hench, P. S., Bauer, W., Fletcher, A. A., Ghrist, D., Hall, F. u. White, P. 1935. The Present Status of the Problem of »Rheumatism»; A Review of Recent American and English Literature on »Rheumatism» and Arthritis. Ann. Int. Med. 8.

Hennes, H. 1937. Die Arthrosis def. der Hüften (Malum coxae senile), ihre Erkennung und Beurteilung. München. med. Wchnschr. 84.

Hoadley, M. F. u. Pearson, K. 1929. On measurement of the internal diameters of the skull in relation. I. To the prediction of its capacity. II. To the »pre-eminence» of the left hemisphere. Biometrika (Lond.). 21.

Hoffa. 1903. Arthr. def. des Hüftgelenkes. Handb. d. prakt. Chir. 4. Cit. Wollenberg 1909.

Hoffman. Remedia physico-mechanica. Cit. Edström 1936.

Hohmann, G. 1932. Rückgratverkrümmungen. Neue deutsche Klin. 9.

Holl, M. 1916. Der aurikular asymmetrische Hirnschädel. Mitt. Anthrop. Ges. Wien. 46.

Holmdahl, D. E. 1942. Über die 'Morphophysiopathologie der Gelenke und physikalische Therapie bei chronischen Gelenkkrankheiten. Ztschr. f. Rheumaforsch. 7.

Hori, T. 1925. Über die Anomalien des Hinterhauptbeines. Folia anat. Japon. 3.

Hultkrantz, J. V. 1912. Zur Mechanik der Kopfbewegungen beim Menschen. Kungl. Svenska Vetenskapsakad. Handl. 49.

Hyrtl, J. 1882. Handbuch der topographischen Anatomie. Wien. Cit. Karvé 1931.

Ibrahim, J. 1906. Akuter Gelenkrheumatismus. Handb. d. Kinderheilk. 1.

Inglessis, M. 1925. Untersuchungen über Symmetrie und Asymmetrie der menschlichen Grosshirnhemisphären. Ztschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatr. 95. A.

—— . 1925. Über Kapazitätsunterschiede der linken und rechten Hälfte am Schädel bei Menschen (insbesondere Geisteskranken) und über Hirnasymmetrien. Ztschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatr. 97. B.

Isenflamm, H. F. 1800. Verschiedenheiten der rechten und linken Seite. In: Isenflamm und Rosenmüller, Beitr. f. d. Zergliederungskunst. 1. Cit. Gaupp 1889.

Jackson. 1905. Ambidexterity or two-handedness and two-brainedness. An argument for natural development and rational education. London. Cit. Ludwig 1932.

Jansen, M. 1913. Die physiologische Skoliose und ihre Ursache. Ztschr. f. orthop. Chir. 33.

Jobert, L. 1885. Les gauches comparés aux droitiers au point de vue anthropologique et médico-légal. Thèse de Lyon. Cit. Merkel 1903.

Jochmann, G. 1911. Der akute Gelenkrheumatismus. Handb. d. inn. Med. 1.

Julliard, C. 1906. Dans quelles conditions le rapport entre un accident du travail et une attaque de rhumatisme articulaire aigu franc, peut-il être établi? Rev. méd. de la Suisse Rom. 26.

Kahlmeter. 1930. Disk. Engström 1930.

Kahn, R. H. 1925. Zur funktionellen Asymmetrie des menschlichen Körpers. Arch. f. d. ges. Psychiol. 207.

Kalfnscher, I. 1893. Über den sog. dritten Gelenkhöcker und die accessorischen Höcker des Hinterhauptbeins. Inaug.-Diss. Königsberg.

Kallius. 1930. Systematik und Klinik der Halswirbelsäulenmissbildungen. Verhandl. d. deutsch. orthop. Gesellsch. Kongr. 25.

Kamm, B. 1930. Händigkeit und Variationsstatistik. Klin. Wchnschr. 9.

Kappers, C. U. A. 1926. The relative weight of the braincortex in human races in some animals and the asymmetry of the hemispheres. J. Nerv. a. Ment. Dis. 64.

Karlström, F. 1940. Frekvensen av chorea minor och polyarthritis acuta hos barn under de sista 20 åren i Stockholm samt några av sjukdomarnas kliniska drag. Nordisk Med. Tidskr. 8.

Karvé, I. 1931. Normale Asymmetrie des menschlichen Schädels. Inaug.-Diss. Berlin.

Keibel, F. u. Mall, F. P. 1910—11. Handbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen. Leipzig.

Klinge, F. 1933. Der Rheumatismus. Ergebn. d. allg. Path. u. path. Anat. 27.

——. 1934. Rheuma und Trauma. Acta rheumatol. 6.

Koch, G. v. 1937. Posttraumatiska polyarthriter. Nordisk Med. Tidskr. 3.
Kochs, J. 1927. Über adoleszente Rückgratverkrümmungen. Arch. f. Orthop., Mechanotherap. u. Unfallchir. 24.
Kollmann, J. 1905. Varianten am Os occ., besonders in der Umgebung des For. occ. magn. Anat. Anz. 27.
——. 1907. Varianten am Os occ., besonders in der Umgebung des For. occ. magn. Anat. Anz. 30.
Koumaris. 1918—19. Sur quelques variations des os des cranes grecs anciens. Cit. Tavarès 1927.
Krug, W. 1894. Über Rückgratsverkrümmungen der Schulkinder. Jahrb. f. Kinderheilk. u. phys. Erziehung. 37. Cit. Gaupp 1909.
Kühne. 1903. Gelenkrheumatismus nach stumpfen Verletzungen. Monatschr. f. Unfallh. 6.
Latarjet, M. 1936. Un cas d'occipitalisation de l'atlas. Ann. d'anat. path. 13.
Ledderhose, G. 1922. Die chr. Gelenkerkr. Ergebn. d. Chir. u. Ortopäd. 204.
Ledényi, J. 1939. Ankylosis articuli atlanto-occipitalis sinistri. Anat. Anz. 88.
Le Double, A. F. 1912. Variations de la colonne vertebrale. Paris.
Lehmann-Nitsche. 1895. Untersuchungen über die langen Knochen der südbayr. Reihengräberbevölkerung. Beitr. Anthrop. u. Urgeschichte Bayerns. München. Cit. Weber 1904.
Leichtentritt. 1934. Zur Klinik des akuten Rheumatismus bei Kindern. Acta rheumatol. 20—21.
Lenhartz, H. 1896. Behandlung des akuten und chronischen Gelenkrheumatismus und der rheumatoiden und Muskelerkrankungen. Handb. d. spez. Therapie inn. Krankh. 5.
Lesné, P. 1934. A quel age un enfant cesse-t-il d'être ambidextre pour devenir droitier? Bull. soc. de pédiat. de Paris. 32.
Levi. 1908. Studi anatomici ed embriologici sull'osso occipital. Arch. ital. di anat. e di embriol. Cit. Tavarès 1927.
Liebreich, R. 1908. L'asymétrie de la figure et son origine. Compt. rend. Acad. de sc. 146.
Lombroso, C. 1884. Sul mancinismo e destrismo tattile nei sani, nei pazzi nei ciechi e nei sordomuti. Arch. di psichiatria, neurop., antrop. crim. e med. leg. Cit. Merkel 1903.
Loschge, D. F. H. 1793. De symmetria humani corporis inprinis sceleti commoentatio anatomica. Cit. Gaupp 1909.
Lovett, R. W. 1900. Die Mechanik der lateralen Rückgratsverkrümmung. Cit. Schulthess 1902 B.
Lucae, J. 1839. De symmetria et asymmetria organorum animalitatis, imprimis cranii. Med. Dissert. Marburg. Cit. K. v. Bardeleben 1909.
Ludwig, W. 1932. Rechts-Links-Problem. Monographien aus dem Gesamtgebiet der Physiologie der Pflanzen und der Tiere. 27.
Macalister, A. 1894. Notes on the Development and Variations of the Atlas. J. Anat. a. Phys. 28.
Manouvrier, L. 1882. Recherches d'anatomie comparée et d'anatomie philosophique sur les caractères du crane et du cerveau. Bull. soc. zool. de France. Cit. Guldberg 1897.
Martin, R. 1928. Lehrbuch der Anthropologie. Jena.
Matiegka, H. 1893. Ueber Asymmetrie der Extremitäten. Prag. med. Wchnschr.
Meckel, J. F. 1822. Über die seitliche Asymmetrie im tierischen Körper. Anat.-physiol. Beobacht. u. Untersuchungen. Cit. Gaupp 1909.
Mehlis, C. F. E. 1818. Commentatio de morbis hominis dextri et sinistri. Med. Dissert. Göttingen. Cit. K. v. Bardeleben 1909.
Melchior, E. 1933. Arthritis deformans und Unfall. Klin. Wchnschr. 12.
Mendes-Corrêa, A. A. 1922. De l'asymétrie du squelette des membres superieurs. Compt. rend. Acad. de sc. 174.

Merkel, F. 1903. Die Rechts- und Linkshändigkeit. Ergebn. d. Anat. u. Entw.gesch. 13.
Meyer. 1866. Die Mechanik der Skoliose. Virchows Arch. f. path. Anat. 35. Cit. Jansen 1913.
——. v. 1873. Über den Ursprung von Rechts und Links. Ztschr. Ethnol. 5. Cit. Ludwig 1932.
Mills, L. 1925. Eyedness and handedness. Am. J. ophth. 8.
Misch, M. 1905. Beiträge zur Kenntnis der Gelenkfortsätze des menschlichen Hinterhauptes und der Varietäten in ihrem Bereiche. Inaug.-Diss. Berlin.
Mollison, T. 1908. Rechts und Links in der Primatenreihe. Korresp. bl. deutsch. Ges. Anthrop.
Monteiro, H. u. Tavarès, A. 1928. Sur l'occipitalisation de l'atlas chez les Portugais. Ann. d'anat. path. 5.
Moorhead, T. G. 1902. The relative weight of the right and left sides of the body in the foetus. J. Anat. 36.
Morselli, E. 1890. Su alcune anomalie dell'osso occipitale negli alienati, 3 a Note. Riv. sper. di freniat. 16. Cit. Misch 1905.
Mouchotte, J. 1899. Fusion congénitale totale, non pathologique de l'occipital et de l'atlas. Mémoires originaux. Bull. et mém. Soc. anat. 74.
——. 1900. Fusion partielle, pathologique, de l'atlas et de l'occipital. Bull. et mém. Soc. anat. 2.
Munter, L. d. 1934. Rhumatisme chronique et maladies professionnelles. Acta rheumatol. 20—21.
Munter, d. u. Ory. 1936. Traumatisme et rhumatisme. Influence du terrain rhumatismal sur leur evolution. Ann. de méd. phys. 29.
Nathan, P. W. 1909. The Etiology of Lateral Curvature. Am. J. orthop. Surg. 6.
Neurath, R. 1922. Ueber Linkshändigkeit im Kindesalter. Wien. klin. Wchnschr. 35.
——. 1924. Zur Symptomatologie der partiellen sekundären Linkshändigkeit. Wien. klin. Wchnschr. 37.
Noack, F. 1915. Über die Entstehung der angeborenen Atlasankylose und ihre Unterschiede von der erworbenen. Virchows Arch. f. path. Anat. 220.
Oetterking, B. 1923. On the morphological significance of certain craniovertebral Variations. Anat. Rec. 25.
Ogle, W. 1871. On dextral Pre-eminence. Lancet. Cit. Merkel 1903.
Ory, M. 1938—39. Rhumatisme et traumatisme. Ann. de méd. phys. 31—32.
Osgood, R. B. 1930. The Classification and Etiology of chronic Rheumatism or Arthritis. Acta chir. Scandinav. 67.
Parrot. 1879. Gaz. méd., Paris. Cit. Gundobin 1912.
Péré, A. 1900. Les Courbures latérales normales du rachis humain. Inaug.-Diss. Toulouse.
Pfister. 1903. Arch. f. Kinderh. Cit. Gundobin 1912.
Pintner. 1918. Vorträge des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftl. Kenntnisse in Wien. 58. (Ref. in Naturw. schaftl. Wchnschr. 34. 1919.) Cit. Abderhalden 1919.
Pintschovius, E. 1899. Zur Äthiologie der Skoliose. Inaug.-Diss. Greifswald.
Pitres. 1882. Note sur l'état des forces chez les hémiplégiques. Arch. de neurol. 4. Cit. Stier 1911.
Pommé, Buffé, Marot. 1934. Occipitalisation de l'atlas et réduction numérique des vertèbres cervicales avec déhiscence des arcs postérieurs. Lyon méd. 154.
Port, K. 1914. Die Behandlung der beginnenden habituellen Skoliose durch die Gymnastik im Streckapparat. Ztschr. f. orthop. Chir. 34.
Pribram. 1902. Chron. Gelenkrheumatismus u. Osteoarthr. def. Wien. Cit. Wollenberg 1909.
Prochazka, F. 1916. Akuter Gelenkrheumatismus und Unfall. Cit. in Zentralbl. f. inn. Med. 37.
Pusch, G. 1924. Grundgedanken zu einer Dynamik von Wirbelsäule und Skoliose. Ztschr. f. orthop. Chir. 43.
Quetelet. 1836. Sur l'homme et le développement de ses facultés ou Essai de physique sociale. Bruxelles. Cit. Gaupp 1889.

Ramaley, F. 1913. Inheritance of left-handedness. Amer. Naturalist. 47.
Ramond, L. 1931. Le mot de l'énigme. Presse Méd. 39.
Rasdolsky, I. 1925. Die Entstehung der funktionellen Einhändigkeit (Rechts-Linkshändigkeit). Deutsche Ztschr. f. Nervenh. 84.
Rauber-Kopsch. 1939. Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen. 2.
Raymondaud. 1882. Tableaux de mensuration de os longs. Limoges. Cit. K. v. Bardeleben 1909.
Regnault, F. 1900. Fusion congénitale partielle de l'occipital et de l'atlas. Bull. soc. anat. Paris. 2. A.
——. 1900. Fusion congénitale partielle de l'occipital et de l'atlas. Bull. soc. anat. Paris. 2. B.
Richer, P. 1895. Note sur une déviation de la colonne vertébrale se rencontrant chez un grand nombre de sujets bien portants. Nouv. Icnogr. de la Salpêtrière. 8. Cit. Gaupp 1909.
——. 1897. Des rapports de la station hanchée avec la scoliose dorsale primitive des adolescents. Nouv. Icnogr. de la Salpêtrière. 10. Cit. Gaupp 1909.
Rife, J. M. 1922. Types of dextrality. Psychol. Rev. 29. Cit. Downey 1927.
Rollet, E. 1888. De la mensuration des os longs des membres dans ses rapports avec l'anthropologie etc. Thèse de Lyon.
Romich, S. 1927—28. Über Asymmetrien des menschlichen Körpers und ihre Bedeutung in der Orthopädie. Ztschr. f. orthop. Chir. 49.
——. 1933. Ueber Asymmetrien des menschlichen Körpers und ihre Bedeutung in der Orthopädie. Wien. klin. Wchnschr. 46.
Rübel, E. 1908. Über das Gewicht der rechten und linken Grosshirn-Hemisphäre im gesunden und kranken Zustand. Med. Dissert. Würzburg.
Sabatier. 1777. Mémoire sur la situation respective des gros vaisseaux, du coeur et des poumons. Cit. Jansen 1913.
——. 1777. Traité complet d'Anatomie. Cit. Gaupp 1909.
Sachs, M. 1936. Ueber die Beziehungen gewisser Funktionen zum bilateral-symmetrischen Bau des Körpers. Wien. klin. Wchnschr. 49.
Sangalli. 1870. Rend. d. Istit. lomb. Milano. Cit. Le Double 1912.
Saxl, A. 1935. Statische Gelenkentzündungen. Wien. klin. Wchnschr. 48.
Schaefer, M. 1911. Die Linkshänder in den Berliner Gemeindeschulen. Berlin. klin. Wchnschr. 48.
Schanz, A. 1911. Schule und Skoliose. Jahrb. f. Kinderh. 73.
——. 1921. Die Lehre von den statischen Insuffizienz-Erkrankungen. Stuttgart.
——. 1931. Zur Anatomie und Physiologie der Wirbelsäule. Ztschr. f. orthop. Chir. 55.
Schaper. 1888. Mitteilungen aus dem Garnizonlazarett Hannover. Deutsche militärärztl. Ztschr. 4. Cit. Lenhartz 1896 u. a.
Schede, F. 1924. Theoretische und praktische Beiträge zum Skoliosenproblem. Ztschr. f. orthop. Chir. 43.
——. 1927. Haltungsfehler (Haltungsverfall) und Skoliosen. Klin. Wchnschr. 6.
——. 1927—28. Der Skoliosenkeim. Ztschr. f. orthop. Chir. 49.
Schenk. 1885. Ätiologie der Skoliose. Tagebl. d. 58 Versamml. deutsch. Naturforscher u. Ärzte in Strassburg. Cit. Gaupp 1909.
Schepelmann, E. 1915. Trauma und akute und chronische Knochen- und Gelenkentzündungen. Med. Klin. 11.
Schiffner, C. T. 1878. Ueber die Architectur des Schädelgrundes in der Norm und bei Assimilation des Atlas. Virchows Arch. f. path. Anat. 74.
Schmidt, L. u. Weisz, E. 1928. Trauma und Rheumatism — ihre Behandlung. Wien. klin. Wchnschr. 41.
Scholder. 1903. Die Schulskoliose und deren Behandlung. Arch. f. Orthop., Mechanotherap. u. Unfallchir. 1.
Schott, A. 1930. Über rechts und links beim Menschen. Monatschr. f. Psychiat. u. Neurol. 77.

Schottmüller. 1934. Zur Klinik des akuten Gelenkrheumatismus unter Berücksichtigung der Ätiologie. Acta rheumatol. 20—21.
Schreiber, W. 1907. Über die Deviation der anatomischen von der geometrischen Medianebene des menschlichen Schädels in Bezug auf die Bi-aurikularlinie. Arch. f. Anthrop. 34.
Schulthess, W. 1902. Die Zuppinger'sche Skoliosentheorie. Ztschr. f. orthop. Chir. 10. A.
——. 1902. Ueber die Lehre das Zusammenhanges der physiologischen Torsion der Wirbelsäule mit lateraler Biegung. Ztschr. f. orthop. Chir. 10. B.
——. 1905—07. Die Pathologie und Therapie der Rückgratsverkrümmungen. Joachimsthal, Handb. d. orthop. Chir. 1. Cit. Jansen 1913.
Schultz, A. H. 1923. Fetal Growth in Man. Am. J. Phys. Anthropol. 6.
——. 1926. Fetal Growth in Man and other primates. Quart. Rev. Biol. 1.
Schumacher, S. v. 1907. Ein Beitrag zur Frage der Manifestation des Occipitalwirbels. Anat. Anz. 31.
Schwerz, F. 1908. Ueber einige Variationen in der Umgebung des For. occ. magn. Anat. Anz. 32.
——. 1914. Die Rechtshändigkeit des Menschen. Arch. f. Rassen- u. Gesellsch.-Biol. 11.
Seitz. 1899. Cit. Gerbaut u. Andermann 1934.
Selenka, E. 1898—1900. Menschenaffen. Wiesbaden. Cit. Schott 1930.
Serger, T. 1888. Neun neue Fälle von Assimilation des Atlas. Inaug.-Diss. Halle.
Shaw, A. Lateral curvature of the spine. Cit. Jansen 1913.
Sieben, W. 1922. Über Rechts- und Linksgliedrigkeit. Deutsche Ztschr. f. Nervenh. 73.
Siebert, H. 1918. Zur Frage der Linkshänd. Berlin. klin. Wchnschr. 55.
Siemens, H. W. 1924. Die Zwillingspathologie. Berlin. Cit. Ludwig 1932.
Smith, G. 1907. On the Case of Fusion of the Atlas and Axis. Anat. Anz. 31.
——. 1925. Right- and left-handedness in primitive men. Brit. M. J. 2.
Sommer, W. 1883. Zur Casuistik der Atlassynostosen. Virchows Arch. f. path. Anat. 94.
Stadfeldt, A. 1864. Om Asymmetrien i det menneskelige Skelets Axedeel. Bibliot. f. laeger. 8.
Staffel, F. 1885. Über die statische Ursache des Schiefwuchses. Deutsche med. Wchnschr.
Starcke, V. 1930. Polyarthriternas Aetiologi. Ugesk. f. laeger. 92.
Staub, H. A. 1921. Faziale Asymmetrie als Frühdiagnostikum zervikodorsaler Skoliosen. München. med. Wchnschr. 68.
Stempel. 1901. Das Malum coxae senile als Berufskrankheit u. in seinen Beziehungen zur sog. Gesetzgebung. Deutsche Ztschr. f. Chir. 60.
Stern, G. u. Schilf, E. 1932. Über Linksfüssigkeit. Ztschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiat. 139.
Stiemens, M. J. 1929. Über die Concrescentia atlanto-occipitalis. Verhandl. d. Koninkl. Akad. v. Wetenschappen. 26.
Stier, E. 1911. Untersuchungen über Linkshändigkeit und die funktionellen Differenzen der Hirnhälften nebst einem Anhang: »Über Linkshändigkeit in der deutschen Armee.» Jena.
Stieve, H. 1921. Bilaterale Asymmetrien im Bau des menschlichen Rumpfskelets. Ztschr. f. Anat. 60.
Stoll. 1891. Klinische Studien über den Gelenkrheumatismus. Inaug.-Diss. Zürich. Cit. Chazrewin 1910.
Strecker, C. 1887. Ueber die Condylen des Hinterhauptes. Arch. f. Anat. u. Entw. gesch.
Struthers, J. 1863. On the Relative Weight of the Viscera of the Two Sides of the Body; and on the Consequent Position of the Centre of Gravity to the Right Side. Edinburgh M. J. 8.
Sueiro, M. B. B. 1926. Anotações anatómicas. Arq. d. Anat. e Antrop. 10.
Surg, v. Cit. Starcke 1930.

Swjetschnikow. 1906. Ueber die Assimilation des Atlas und die Manifestation des Occipitalwirbels beim Menschen. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt.
——. 1908. Ueber die Variationen des Occipitalwirbels. Anat. Anz. 32.
Sydenham. 1795. Thomae, medici doctoris opera medica. Cit. Edström 1936.
Tavarès, A. 1927. Sur les Eminences basilaires de l'occipital. Bull. soc. port. des Sciences nat. 10.
Teleky, L. 1934. Rheuma und Beruf. Acta rheumatol. 20—21.
Tempelaar u. Breemen. 1932. Rheumatism and occupation. Acta rheumatol. 14.
Theile, F. W. 1884. Gewichtsbestimmungen zur Entwickelung des Muskelsystems und des Skelettes beim Menschen. Nova Acta Acad. Caes. Leop. Car. 46. Cit. Gaupp 1889 u. a.
Thiem, C. 1898. Handbuch der Unfallerkrankungen. Deutsche Chir. 67.
——. 1902. Über Gelenkrheumatismus nach stumpfen Verletzungen. Deutsche Med.-Zeitung.
Thiis, K. 1909. Lidt Statistik over Rheumatismus ac. og dens Komplikationer. Norsk mag. f. laegevidensk.
Troell. 1930. Disk. Engström 1930.
Tromantano-Gueritore, G. 1927. Die Atlanto-Occipital-Union. Anat. Anz. 64.
Török, A. v. 1888. Über ein Universalkraniometer; zur Reform der kraniometrischen Methodik. Internat. Monatschr. f. Anat. u. Physiol. 5. Cit. K. v. Bardeleben 1909.
Umber, F. 1929. Zur Diagn. u. Ther. chr. Gelenkerkr. Deutsche Ges. f. Rheumabeh. 4.
Uter, W. 1912. Die Rolle des Traumas bei Entstehung akuter Infektionskrankheiten. Med. Dissert. Leipzig.
Watson, J. B. 1925. What the nursery has to say about instincts. Ped. Sem. 32. Cit. Downey 1927.
Weber, M. J. 1822. Über die Konformität des Körpers und Beckens. Cit. K. v. Bardeleben 1909.
Weber, E. 1849. Über die Gewichtsverhältnisse der Muskeln des menschlichen Körpers im allgemeinen. Berlin. Verh. k. Sächs. Ges. Wiss. Leipzig, math.-phys. Kl. Cit. Ludwig 1932.
——. 1904. Eine Erklärung für die Art der Vererbung der Rechtshändigkeit. Zentralbl. f. Physiol. 18.
——. 1905. Ursachen und Folgen der Linkshändigkeit. Cit. Schott 1930.
Weichselbaum. 1877. Die senilen Veränderungen der Gelenke und deren Zusammenhang mit der A. def. Sitz.-ber. d. math.-nat. Kl. d. kais. Ak. d. W. 3. Cit. Freund 1929.
Weigner, K. 1912. Ueber die Assimilation des Atlas und über die Variationen am Os occ. beim Menschen. Beitr. u. Refer. Anat. u. Entw.gesch. 45.
Weintraud, W. 1913. Ueber die Pathogenese des akuten Gelenkrheumatismus. Berlin. klin. Wchnschr. 30.
Weiss, S. 1923—24. Über angeborene Asymmetrie beim Säugling. Sitz.-ber. Anthrop. Ges. Wien.
——. 1926. Die Kinderheilkunde im Dienste der Familienforschung und der Vererbungswissenschaft. Wien. klin. Wchnschr. 39.
Weissenbach, R. J. u. Francon, F. 1936. Ätiologiska och kliniska former av kronisk progressiv reumatism. Nordisk Med. Tidskr. 12.
Verhoef, A. W. 1914. Muskelvariationen als Symtome von Occipitalwirbelmanifestation. Anat. Anz. 46.
Verneuil. 1876. Bull. Acad. de Méd., Paris. Cit. Gerbaut u. Andermann 1934.
Verschuer, O. v. 1928—30. Zur Frage der Asymmetrie des menschlichen Körpers. Ztschr. f. Morph. u. Anthrop. 27.
Westergren. 1930. Disk. Engström 1930.
Wevill, L. B. 1928. The occipital bone and the bones of the superior extremity in relation to »right»- or »left»-handedness. Edinburgh M. J.
Whipham, T. 1888. Reports of the collective Investigation. Brit. M. J.
Vierordt. 1888. Anatomische physiologische und physikalische Tabellen. Jena. Cit. Gaupp 1909.

Villeneuve u. Sendamore. 1820. Cit. Gerbaut u. Andermann 1934.
Wisser, P. 1891. Untersuchungen über die Beschaffenheit der Wirbelsäule bei Schulkindern. Inaug.-Diss. Würzburg. Cit. Gaupp 1909.
Voelckel, E. 1913. Untersuchungen über die Rechtshändigkeit beim Säugling. Ztschr. f. Kinderh. 8.
Vogt. 1883. Moderne Orthopädik. Cit. Jansen 1913.
Woljpin. 1902. Gewichtsangaben über das Wachstum des Gehirns beim Kinde. Med. Dissert. S:t Petersburg. Cit. Gundobin 1912.
Volkmann. 1869. Pitha-Billroths Handbuch 2. Cit. Jansen 1913.
Wollenberg, G. A. 1909. Aetiologie der Arthr. def. Ztschr. f. orthop. Chir. 24.
Zaglow, H. 1924. Zur Entstehung der Polyarthritis rheumatica nach Traumen. Deutsche med. Wchnschr. 50.
Zuckerkandl, E. 1893. Normale und pathologische Anatomie der Nasenhöhle. 2. Aufl. Wien.
Zuppinger, H. 1901. Zur primären, habituellen Dorsalskoliose. Beitr. klin. Chir. 29.

Verf. hat früher kleinere Teile der Untersuchungen, welche dieser Arbeit zugrunde liegen, veröffentlicht. Diese Schriften, die weder im Text noch im Literaturverzeichnis erwähnt sind, sind folgende:

Ingelmark, B. 1939. Om occipitalmanifestationer hos människan. Nordisk Med. 2.
———. 1939. Skeleton Finds from the Warrior Graves outside Wisby. Uppsala.
———. 1942. Kroppsasymmetriernas betydelse för ledaffektionernas uppkomst och utveckling. Nordisk Med. 14.
———. 1942. Luxationen und Frakturen in den Nackengelenken. Die Mechanik. Deutsche Ztschr. f. Chir. 255.
———. 1942. Formförändringar av halskotpelaren vid ökad belastning. Nordisk Med. 16.
———. 1942. Kroppsasymmetriernas betydelse för ledaffektionernas uppkomst och utveckling. Föreläsningar m. m. från Föreningen G. C. I:s sjunde fortbildningskurs.
———. 1943. Statikens betydelse för occipitalkondylernas läge och konfiguration. Nordisk Med. 17.

UPPSALA 1943. ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI A.-B. 43250